

KAPPALEEN KIINNITTÄMINEN CNC- KONEESEEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Materiaali- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotantopainotteinen puutekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2006
Mikko Sormunen

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaali- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SORMUNEN, MIKKO: Kappaleen kiinnittäminen CNC-koneeseen

Puutekniikan opinnäytetyö, 43 sivua

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee kappaleen kiinnittämistä CNC-koneeseen tarkastelemalla, mitkä ovat yleisimmät puuteollisuuden tuotteet, mitä erilaisia kiinnitysmenetelmiä on olemassa ja mitkä ovat niiden edut ja haitat. Uusissa NC-koneissa on jo (EPS), automaattisesti ohjelmasta asemoituvat palkit ja imukupit, jonka kannattavuutta tarkastellaan ja verrataan aikaisempiin NC-koneisiin.

Kappaleen kiinnittäminen on aina ollut tarkkaa ja kokemusta vaativaa työtä. Vanhemmissa malleissa tämä vei yleensä paljon aikaa ja vaati paljon tarkkuutta ja kokemusta koneen käyttäjältä. Kappale piti osata asettaa tarkasti ohjelman mukaan, jotta kone osaisi työstää oikeasta kohdasta, eikä toleranssialue ollut kovin suuri. Tämän takia asetteiden tekoon kuuluva aika muodosti keskeisemmän ongelman kappaleita kiinnittäessä.

Uudemmissa malleissa tätä helpottamiseksi on kehitetty LED-näytöt, Laser valopisteet ja erilaiset digitaaliset näyttölaitteet, jotka näyttävät kappaleen tarkan paikan. Tämä nopeutti jonkun verran asetteen tekoa, mutta palkit ja imukupit piti asentaa käsin. Uusissa PC-ohjelmistoissa on alettu ottaa kappaleen suunnittelu ja kiinnitys huomioon paremmin ja tällöin voidaan työstöradat ja kiinnitykset suunnitella etukäteen.

Puuteollisuuden tuotteita ovat erilaiset levytuotteet, kapeat ja pienet kappaleet, sekä muotopuristeet, joiden kiinnittäminen suunnitellaan aina ohjelmakohtaisesti. Kiinnittimet valitaan niin, että kappale pysyy tukevasti ja kiinnitys ei haittaa koneistusta.

Uusissa malleissa on jo suoraan ohjelmasta asemoituvat palkit EPS (Electronic positioning system). Tämän etuna on se, että koneen käyttäjältä säästyy asetteen tekemiseen kuluva aika ja lisää koneistus aikaa. Täysiautomaattinen pöytä asemoi palkit ja imukupit noin minuutissa ja säästää koneen käyttäjältä siihen kuluvan ajan.

EPS:n kannattavuus riippuu siitä, mihin käyttöön se tulee. Tehtaissa joissa on suuri tuotantokapasiteetti ja paljon asetteen vaihtoja, tämä uusi tekniikka tulee paljon kannattavammaksi kuin sellaisissa tehtaissa, joissa NC-konetta ei tarvita jatkuvasti ja ajetaan enemmän samoja vakiotuotteita. Uuden koneen lopullinen hinta riippuu aina monesta osatekijästä, kuten mitä lisäoptioita siihen halutaan, joten kannattavuutta tulee tarkastella tuotantokohtaisesti.

Asiasanat: CNC-koneet, kappaleen kiinnittäminen, EPS

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

SORMUNEN, MIKKO: Attaching the work piece into the CNC-machine

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 43 pages

Spring 2006

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate what different ways there are for attaching the workpiece into the CNC machine, what are common problems and how to solve them. Attaching the workpiece is very demanding, takes a lot of time and has constituted a major problem.

There are many kinds of fasteners for wood products. Common fasteners are vacuum cups, clamps, matrix tables and jigs. The vacuum cups have been attached on rails which can be moved under the workpiece. A matrix table is a flat table which has vacuum points and attachment holes placed at frequent intervals. This is suitable for board products. Single matrix pieces are easy to join together to form different sizes of bigger tables. The LED displays and Laser pointers help the user to attach the workpiece but still the rails and consoles must be set up manually.

The new EPS (Electronic Positioning System) places the beams and vacuum cups automatically into the required and this should happen in a minute. This new solution was compared to the original CNC machines, where the setup must be done manually.

The EPS reduces the setup time but it depends on the case how much setup time it can save. The EPS is worthwhile in bigger factories where setups must be changed frequently during a day and where the production capacity is great and the production rate is fast.

Keywords: attaching workpiece, CNC machine, common fasteners, EPS

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
1.1 Tehokkuus	1
1.2 NC-tekniikan etuja	2
2. TYÖN TAVOITTEET	2
3. PUUTEOLLISUUDEN TUOTTEET	3
3.1 Levyt	3
3.2 Kapeat kappaleet	4
3.3 Muotopuristeet	6
4. KIINNITTIMET	7
4.1 Levytuotteet	7
4.1.1 Tasopinnat ja rasteripöydät	7
4.1.2 Imupalikat	9
4.1.3 Tuotekohtaiset jiggit	11
4.1.4 Levyjen kiinnittämisen ongelmat.	12
4.2 Kapeat kappaleet	13
4.2.1 Tasopinnat ja rasteripöydät	13
4.2.2 Imupalikat	13
4.2.3 Puristimet	14
4.2.4 Tuotekohtaiset jiggit	18
4.2.5 Kiinnittämisen ongelmat	19
4.3 Muotopuristeet	20
4.3.1 Tasopinnat ja rasteripöydät	20
4.3.2 Imupalikat ja puristimet	20
4.3.3 Tuotekohtaiset jiggit	21
4.3.4 Kiinnittämisen ongelmat	25

4.4 Muotoiltavat imualueet	25
4.5 Kiinnittämisen suunnittelu	27
4.5.1 Kappaleen asettaminen	27
4.5.2 Laser osoittimet ja LED-näytöt	28
4.5.3 NC-työstökeskukset kahdella työstöyksiköllä	29
4.6 PC-ohjelmilla suunnittelu	30
5. AUTOMAATTISESTI ASEMOITUVAT PALKIT JA IMUKUPIT	32
5.1 Mallikohtaiset ratkaisut	32
5.2 EPS Investoinnin kannattavuus	34
5.3 Edut ja haitat	40
6. YHTEENVETO	41
LÄHTEET	43

1. JOHDANTO

1.1 Tehokkuus

CNC-koneella työstäminen on nopeaa, tehokasta ja yksilölliset erot saman tuotteen kohdalla ovat erittäin pienet. Suuria tuotemääriäkin on helppo tehdä nopeasti samoilla asetteilla, mutta uusien asetteiden vaihtaminen ja kappaleen kiinnittäminen vie aina oman aikansa. Kappaletta voidaan joutua työstämään monelta eri suunnalta ja kiinnittäminen tulee olla nopeaa ja helppoa. Koneistusta suunniteltaessa on usein otettava huomioon koneen ominaisuudet, kuten työstöulottuvuudet ja kiinnitystavat. Parhaiten sekin onnistuu tuotteen suunnittelussa ja tämä vaatii tarkkaa yhteistyötä suunnittelijoiden ja valmistajien välillä. Jos asetteiden tekoon kuluvan ajan saisi kokonaan pois, niin tuotantoaika pidentyisi huomattavasti, eikä tarvitsisi muuta kuin asettaa kappale valmiisiin asetuksiin.

Automaattisen kappaleen kiinnittäminen säästää näihin asetuksiin vievää aikaa, koska koneen käyttäjän ei tarvitse itse asemoida palkkeja ja kiinnittää kappaleita. Tämä on jo suurelta osin huomioitu koneistusta suunniteltaessa, jolloin asetuksiin menevä aika on siirretty suunnitteluun. EPS asettaa palkit ja imukupit uudelleen noin minuutissa, joten koneen käyttäjän ei tarvitse tehdä sitä enää.

PC-ohjelmilla suunnittelu on mahdollistanut monimutkaisempiin työstöratoihin, mikä on johtanut siihen, että koneenkäyttäjä on joutunut enemmän käyttämään aikaa asetteen vaihtamiseen ja kiinnittämiseen. Tästä ovat aseteajat myös kasvaneet. Automaattinen kappaleen kiinnittäminen nopeuttaa tätä, josta suoraan tietokoneen ohjelmasta asemoituvat myös palkit ja imukupit. Joissakin malleissa tämä tapahtuu yksi kerrallaan ja tähän kuuluva aika on yleensä täysiautomaattisen pöydän (EPS) ja käsin asemoimisen välimaastossa.

Koneen kannattavuus vaihtelee kuitenkin tuotannon nopeudesta ja aseteaikojen määrästä. Tehtaissa, joissa on suuret tuotantomäärät ja paljon asetteen vaihtoja, tulee tämä uusi tekniikka kannattavaksi. Mutta jos tehtaassa ajetaan pienillä määrillä paljon vakiotuotteita, niin uuden tekniikan investointi ei välttämättä

olekaan niin kannattavaa. Automaattisen kiinnityksen tehokkuus on tuotannosta riippuva ja tämän tekniikan investointi on kuitenkin vielä arvokasta.

1.2 NC-tekniikan etuja

NC-tekniikan etuja on paljon ja verrattuna perinteisiin käsityökaluihin ja tuotantomenetelmiin. NC-tekniikan yleisimpiä tuomia etuja ovat, että säästetään palkkakustannuksissa, työn laatu on parantunut, itse työ on helpompaa, läpimenoajat ovat lyhyemmät, pienemmät työkalukustannukset, pystytään joustavaan tuotantoon sekä kasvattaa NC koneiden käyttömahdollisuuksia koko ajan. *(Pikkarainen 1999, 10.)*

Tasainen laatu ja hyvä tarkkuus ovat ehkä tärkeimpiä kaikista eduista. Ilman vahinkoja NC-kone tekemä mittaheitto kappaleiden välillä on erittäin pieni, jos esimerkiksi ajetaan suurempaa erää. Tässä korostuu myös nopeampi läpimenoaika ja virheettömät kappaleet. Kappaleen koneistusohjelma ajetaan ensin NC-koneelle, kiinnitetään kappaleet ja aloitetaan koneistus.

(Pikkarainen 1999, 12.)

2. TYÖN TAVOITTEET

Työn tavoitteena on tarkastella, mitä erilaisia kiinnitystapoja on olemassa puutuotteille, mitkä ovat keskeisimmät ongelmat kiinnittämisessä ja miten uusi EPS (automaattinen palkkien ja imukuppien asemointi) auttaa asiassa.

NC-koneiden ajankäytössä huomattava osa kuluu asetteiden tekemiseen. Tämä on yleensä kokemusta vaativaa ja tarkkaa työtä ja kaikki tähän kuluva aika on pois tuotantoajasta. Automaattisen kappaleen kiinnittämisen (EPS) tarkoituksena on helpottaa asetuksien tekoa ja säästää näihin asetteiden tekoon kuluva aika.

Automaattisesti ohjelmasta asemoituvien palkkien kannattavuutta on tarkoitus kokeilla kannattavuuslaskelmilla ja todeta missä kohtaa kannattavuuden raja menee.

3. PUUTEOLLISUUDEN TUOTTEET

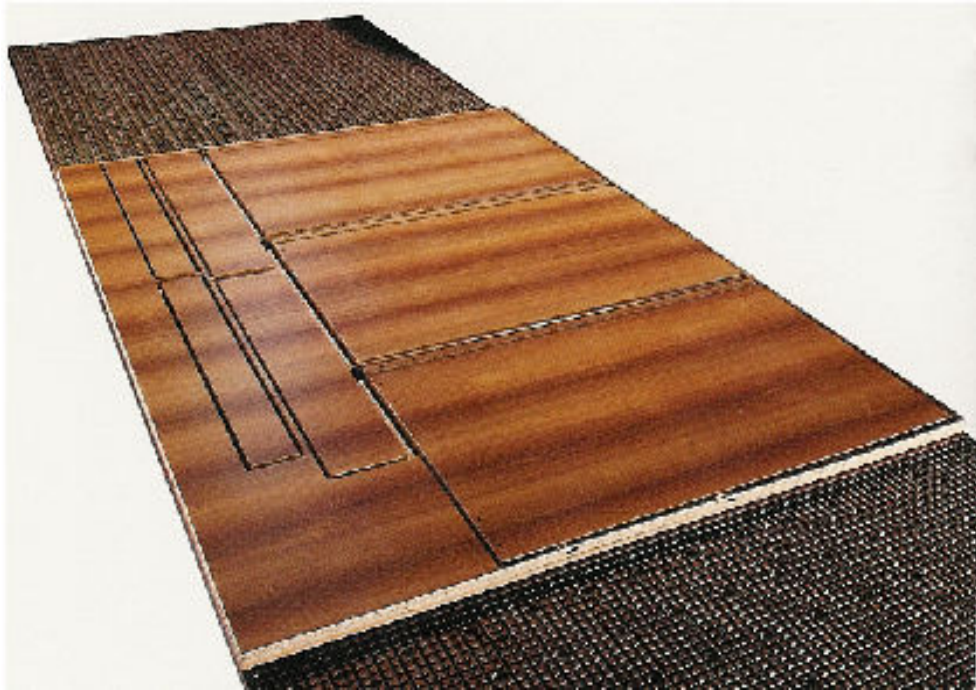
Tässä luvussa tarkastellaan, mitä erilaisia tuotteita työstetään puuteollisuudessa CNC-koneilla. Työstettäviä puutuotteita on monenmuotoisia, monenkokoisia ja ne vaativat erilaisia kiinnittimiä. Kappaleen tulee pysyä lujasti kiinni koko koneistamisen ajan, mutta itse kappaleen asemoimisen tulisi samalla olla helppoa, koska monimutkaisemmissa ohjelmissa kappaletta voidaan joutua kääntämään ja kiinnittämään uudelleen. Erilaisia tuotteita ovat levyt, kapeat ja pienet kappaleet sekä muotopuristeet.

3.1 Levyt

Levytuotteita koneistetaan paljon eri tarkoituksiin, kuten huonekalu- ja sisustuskäyttöön, rakentamiseen ja muuhun teollisuuteen. Puuteollisuuden yleisempiä tuotteita ovat liimapuulevyt, MDF, OSB, sekä vaneri- ja lastulevyt. Kaikki levytuotteet soveltuvat NC-koneistukseen, mutta kiinnittämisessä tulee ottaa huomioon levytuotteen koostumus ja miten sitä koneistetaan.

Tasaiset levyt on helppo kiinnittää CNC-koneeseen, jolloin yleensä tarvitsee vain asemoida palkit ja imukupit tukeviin kohtiin. Liian suurilla väleillä voi tulla levyyn ylimääräistä tärinää ja levy voi myös antaa periksi koneistus voimasta ja taipua. Tämä tekee epätasaista työstöjälkeä ja voi vaurioittaa levyä muualtakin.

Kiinnitystä voidaan avustaa myös jättämällä pienet kiinnityskannakkeet levyyn kiinnitysten kohdalla ja työstää ne myöhemmin irti jollakin sopivalla työkalulla. Alla olevassa kuviossa levytuote on koneistettu useammaksi pienemmiksi levyiksi ja asetettu tasaisesti tasopöydälle. Jos tehdään läpikoneistuksia, niin tasopöytien alla tulee olla välilevy, ettei itse tasopöytä vaurioidu.



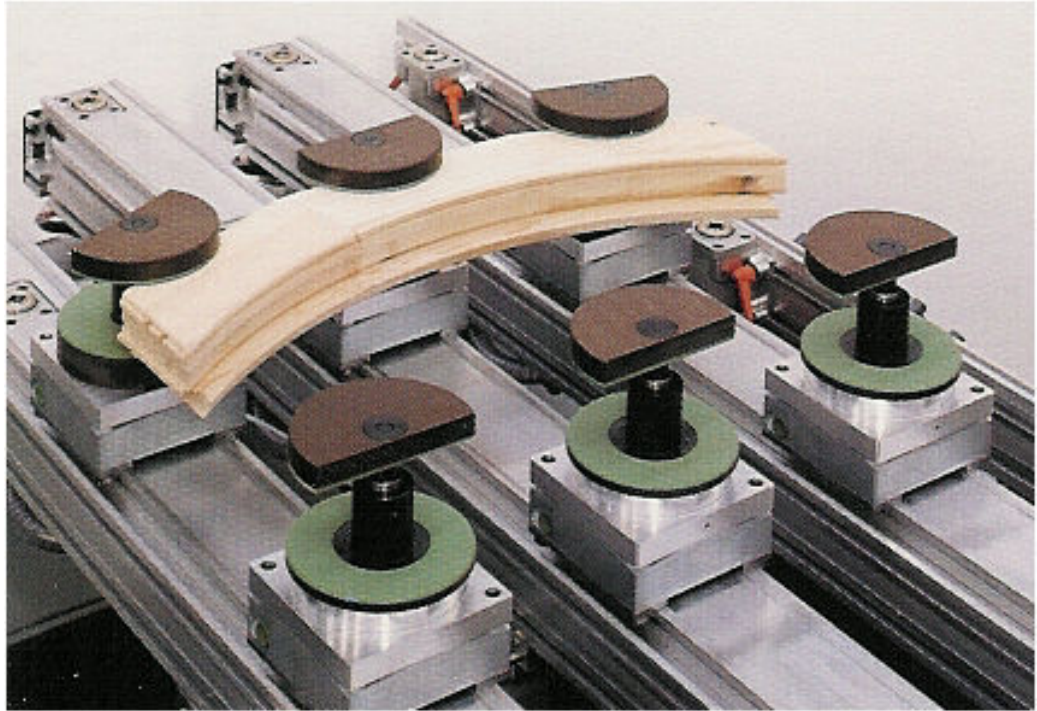
KUVIO 1. Levytuotteita on asetettu tasopöydälle (Penope Oy 2005)

3.2 Kapeat kappaleet

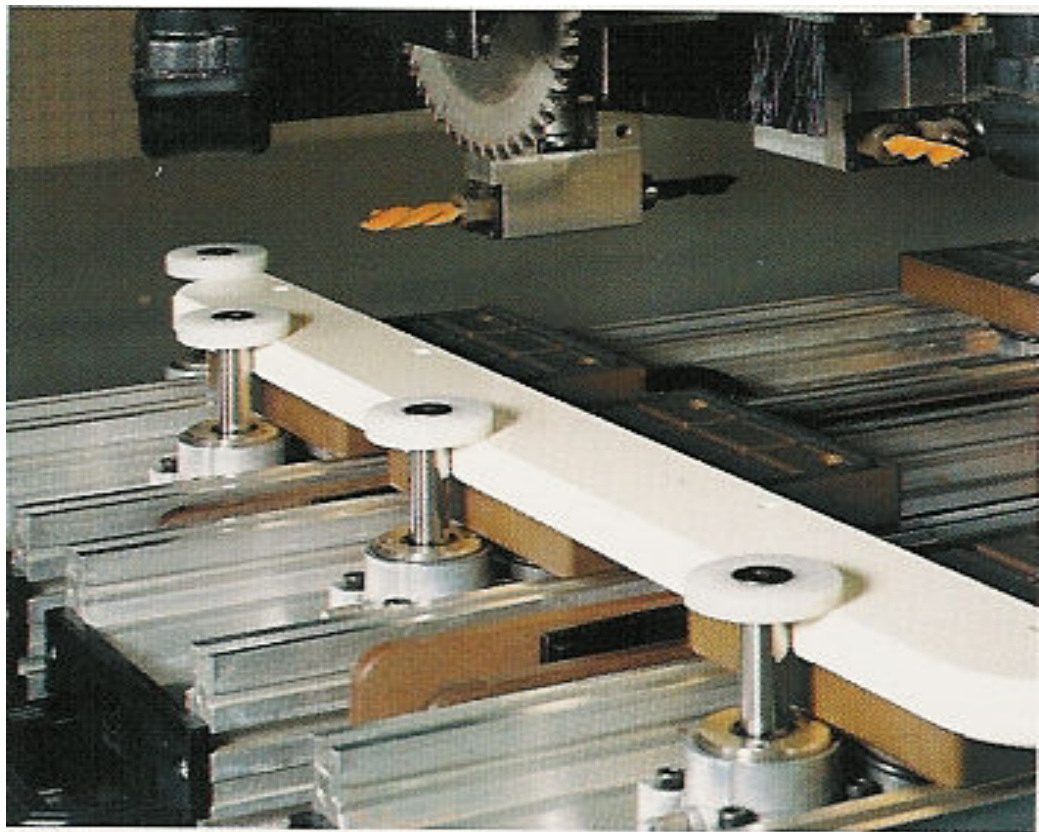
Kapeita ja pieniä kappaleita koneistetaan myös CNC-koneella, mutta niiden kiinnittäminen pelkillä imukupeilla voi tuottaa ongelmia, koska kiinnityspinta-alaa on vähemmän ja hyvin pienissä kappaleissa imukupit eivät riitä ollenkaan. Näiden kiinnityksessä käytetään yleensä omia jigejä tai puristimia.

Kapeita ja pieniä kappaleita voidaan kuitenkin asettaa useampi kerrallaan, koska ne eivät vie paljoa tilaa ja samaa sarjaa olevat voidaan ajaa yhdellä koneistuksella. Kapeissakin kappaleissa kiinnitykseen vaikuttaa kappaleen muoto ja se miten se koneistetaan. Kuvioissa 2 ja 3 on käytetty erilaisia puristimia kapeille ja pienille kappaleille.

Pitkien kapeiden kappaleiden kiinnityksessä tulee enemmän kiinnittää huomiota kappaleen taipumiseen. Kapeissa kappaleissa on sama ongelma kuin levytuotteissa, että liian suurella kiinnittimien etäisyyksillä koneistettaessa kappale tärisee ja joustaa, mikä aiheuttaa epätasaista jälkeä.



KUVIO 2. Pienen kappaleen kiinnittäminen (Penope Oy 2005)



KUVIO 3. Kapean kappaleen kiinnitys puristimilla (Penope Oy 2004)

3.3 Muotopuristeet

Muotopuristeita tehdään paljon huonekaluteollisuudessa. Muotopuristeita valmistetaan valmiista viilulevystä, jotka liimataan ja puristetaan omaan muotoonsa. Niiden kiinnittämisessä käytetään yleensä jigejä. Tarkoituksena on, että nämä vaikeamuotoiset kappaleet saadaan tuettua kunnolla.

Muotopuristeissa muoto voi vähän elää ja joustaa, joten se tulee myös ottaa kiinnityksessä huomioon. Muotovaihtelut riippuvat paljon tuotteen tyypistä, mutta huonolla kiinnityksellä voi esiintyä muotovaihtelua muotopuristeissa, joka haittaa koneistusta ja aiheuttaa epätarkkaa jälkeä. Kiinnityksellä on vakioitava muoto, jotta tätä ei pääse tapahtumaan. Kuviossa 4 kaareva muotopuriste, jonka kiinnitykseen tarvitaan tuotekohtainen jigi.



KUVIO 4. Muotopuriste (Koristepuu Tmi 2005)

Kiinnityksessä tulee ottaa huomioon, ettei koneistamisen voimasta pääse liikkumista tapahtumaan eikä muotopuristeen muoto anna periksi. Huonolla

kiinnityksellä muotopuristeissa saattaa terän voiman ansioista tapahtua nurjahduksia tai aiheuttaa muutakin vahinkoa. Suuremmat muotopuristeet on hyvä tukea monesta eri kohdasta, ja näin ollen muotopuristeiden asetteiden tekoon meneekin yleensä muita enemmän aikaa. Samaa sarjaa olevat tuotteet kannattaakin ajaa yhdellä kerralla.

4.0 KIINNITTIMET

Yleisimpiä kiinnittimiä ovat erilaiset imupalikat, taso- ja rasteripinnat, tuotekohtaiset jiggit, muotoiltavat imualueet ja puristimet. Kiinnittimien valintaan vaikuttavat tuotteet, niiden koko ja muoto sekä ohjelma. Kiinnityksestä pitäisi tulla niin luja, ettei kappale pääse liikkumaan koneistuksessa ja että kiinnittimet tukevat kappaletta oikein. Oikealla kiinnityksellä kappale pysyy tukevasti kiinni koneistuksen ajan, eikä terän työstövoimasta aiheudu taipumista tai muuta tärinää.

Kappaleita voidaan joutua kääntämään koneistamisen aikana ja koneistaa monesta eri suunnasta eikä vaihtaminen tai työstöradat saa myöskään tuottaa ongelmia kiinnityksessä. Kiinnittimiä asentaessa tulee ottaa huomioon, etteivät ne ole työstöratojen tiellä ja hajota terää.

4.1 Levytuotteet

4.1.1 Tasopinnot ja rasteripöydät

Levytuotteet sopivat yleensä hyvin tasopinnoille ja rasteripöydille. Niitä kiinnitettäessä tulee ottaa yleensä huomioon vain, ettei tulisi läpi koneistusta jos alla ei käytetä muita kiinnittimiä. Tasopinnoille ja rasteripöydille voidaan sovitella useampiakin levyjä kerrallaan ja kiinnitys on tukevampi, koska yleensä on käytössä koko levyn pinta-ala. Alla olevissa kuvioissa näkyy, miten levytuote on kiinnitetty rasteripöytäan ja miten kiinnittimiä käytetään niissä. Työstettävään

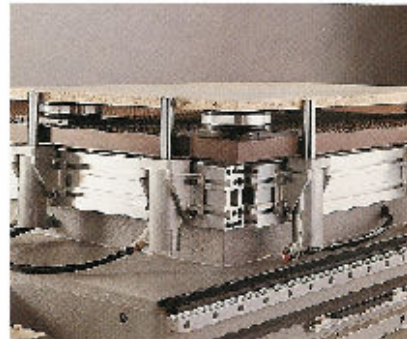
levyn pintaan on jyrsitty vain monen pienemmän levyn kuviot, jolloin ei ole tehty läpikoneistusta. Irityöstäminen voidaan tehdä erikseen toisella koneella.



KUVIO 5. Levyn asettaminen tasopöytään (Penope Oy 2004)



KUVIO 6. Erilaisia kiinnittimiä rasteripöydällä (Penope Oy 2004)



KUVIO 7. Kiinnittimien käyttö (Penope Oy 2004)

Käytössä on myös menetelmä, jossa pystytään koneistamaan rasteripöydän päällä tuotteen läpi meneviä koneistuksia. Ns. ”uhrilevy”, joka asetetaan rasteripöydän päälle, on yleensä 6-10mm paksu. Vahvoilla imupumpuilla imetään koneistettava levy tämän ”uhrilevyn” läpi kiinni ja näin ollen voidaan tehdä läpi meneviä koneistuksia. Tällöin terä leikkaa vain tätä ”uhrilevyä” rasteripöydän pintalevyn sijaan. ”Uhrilevyä” voidaan plaanata useita kertoja, jolloin se ei ole ohjelmakohtainen.

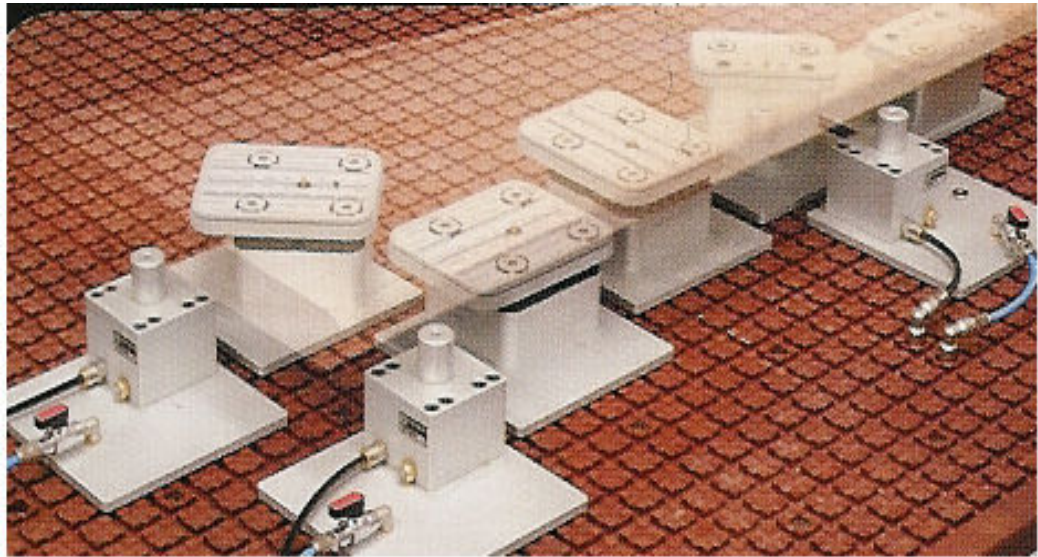
4.1.2 Imupalikat

Imupalikat sopii levy- ja tasapintaisille tuotteille, koska niissä on tasainen ja pieni kiinnityspinta-ala ja tämän ansiosta voidaan tehdä läpikoneistuksia niistä kohtaan, missä ei ole imupalikoita. Niitä voidaan myös siirtää eri kohtiin ja ne on helppo asentaa.

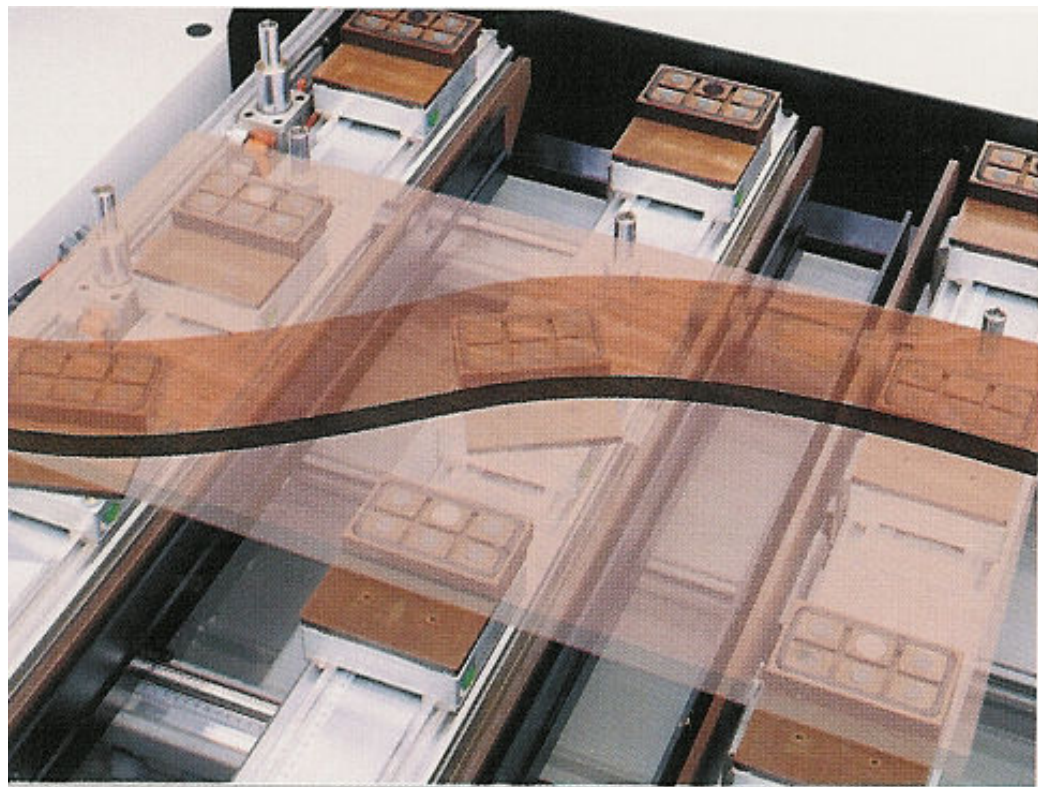
Imupalikan imu perustuu pinnalla oleviin reikiin, jotka imevät kappaleen sen pintaa vasten, johon imualue rajautuu. Pintaa on syvennetty raidoittamalla, jotta ilmaa saadaan koko imukupin alueelta. Imupalikan pinnassa voidaan käyttää erilaisia materiaaleja, kuten silikonia, vinyyliä, kumia, polyuretaania ja PVC:tä. Kappale tiivistyy imun ansiosta näitä vasten. Kuviossa 8 imukuppeja asetetaan liikutettavien palkkien päälle ja alla muita esimerkkejä imukuppien käytöstä erilaisissa tuotteissa kuvioissa 9, 10 ja 11.



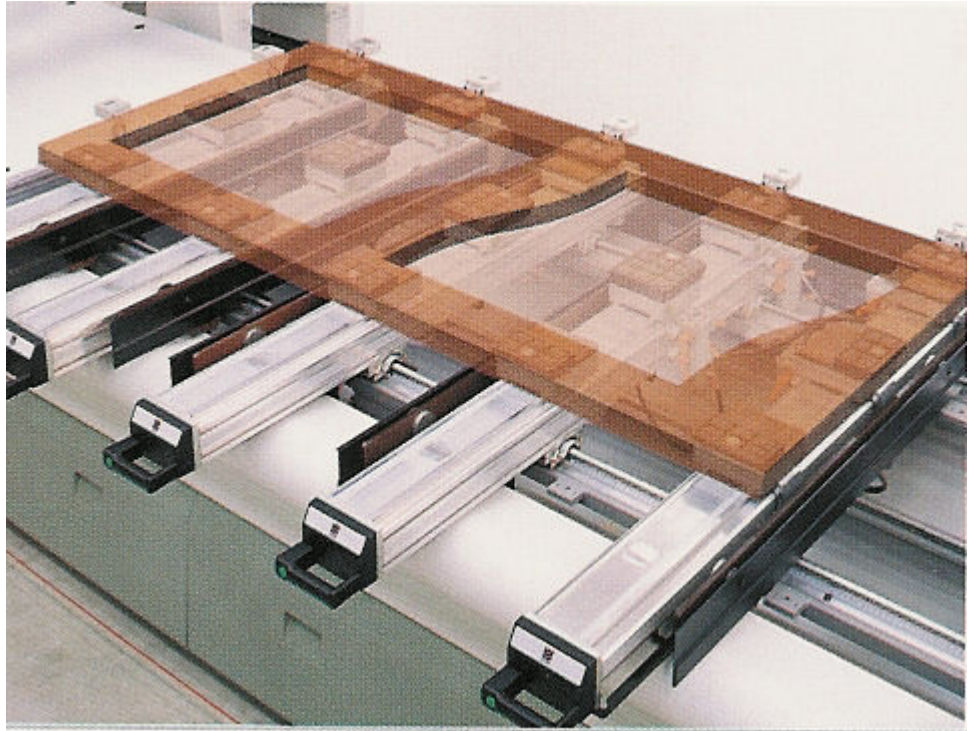
KUVIO 8. Imukuppien asemointi (Penope Oy 2005)



KUVIO 9. Kiinnittimet tasopinnalla (Awutek Oy 2004)



KUVIO 10. Imukuppien asettaminen (Penope Oy 2004)



KUVIO 11. Pienempien kappaleiden kiinnittäminen (Penope Oy 2005)

Imupalikoilta vaaditaan paljon, koska kappaleen kiinnipysyminen on niistä kiinni. Hyvän imupalikan ominaisuuksia ovat seuraavat: se on helppo kiinnittää ja irrottaa, sopii erilaisia pintoja vasten, sopii eri NC-kone valmistajien malleihin ja pitää lujan kiinnityksen. Huonon imupalikan ominaisuuksia ovat taas työläs ja aikaa vievä kiinnitys, sekä huono tartuntapinta, joka soveltuu yleensä vain yhden tyyppisille puulevyille. Tällöin niitä joudutaankin vaihtamaan usein ja aikaa kuluu paljon pelkkään kiinnittämiseen.

4.1.3 Tuotekohtaiset jigat

Jigejä kannattaa käyttää levytuotteissa jos niitä ei muuten saada imukuppeilla tarpeeksi hyvin kiinni. Tämän voi aiheuttaa levytuotteen oma muoto, jolloin sitä varten täytyy suunnitella sille muotoa tukeva jigi, joka käy vain sitä varten suunnitellulle tuotteelle. Imukupit eivät sovellu enää kovin kaareville kappaleille, jos ne tulevat kiinnityspintaa vasten. Itse jigat on helppo kiinnittää imukuppeihin tai tasopöytiin. Kuviossa 12 on tuotekohtainen jigi levyille.



KUVIO 12. Tuotekohtaisten jigien kiinnittäminen (Koristepuu Tmi 2005)

4.1.4 Levyjen kiinnittämisen ongelmat

Levytuotteiden kiinnittämisessä ei yleensä esiinny ongelmia ja pienetkin ongelmat on yleensä helppo ratkaista esimerkiksi tuotekohtaisilla jigeillä. Suuremmat levyt tulee kuitenkin kiinnittää mahdollisimman monesta kohtaa, koska levy ei saisi tärinä koneistuksen aikana.

MDF:n huokoisuus voi haitata kiinnitystä, koska ilmaa pääsee vähän läpi, eikä imupintojen väliin pääse muodostumaan tyhjiötä kunnolla, mikä heikentää kiinnittymistä. Imu voi näin ollen myös vaurioittaa levyn pintaa kiinnityskohdasta ja siihen voi jäädä painaumuksia.

4.2 Kapeat kappaleet

4.2.1 Tasopinnat ja rasteripöydät

Tasopinnoille ja rasteripöydille on helppo asentaa myös kapeita ja pieniä kappaleita, mutta niissäkin ratkaisee imua vasten tulevan pinnan ala. Jos kappaleet ovat pystysuunnassa korkeita, niin nämä eivät yleensä pysy tukevasti kiinni, joten niiden kiinnittämiseen pitäisi olla lisänä puristimia tai muita lisäkiinnittimiä. Hyvin kapeilla kappaleilla on sama asia kuin imukupeissa, että ne eivät pysy kiinni, koska niille on vaikeata muotoillakaan sopivaa imualueutta.

Kapeita ja pieniä kappaleita, jotka ovat samaa sarjaa, voidaan helposti asettaa monta rinnakkain ja käyttää reunoissa apuna lisäpuristimia. Tällöin tasopöytien koko pinta-ala tulee hyvin hyödynnetyksi ja samalla koneistuksella saadaan useampi kappale.

4.2.2 Imupalikat

Imupalikoita voidaan käyttää kapeilla kappaleilla, jos kappaleen ala riittää koko imukupille. Kappaleet jotka ovat kapeampia kuin imupalikat, eivät sovellu imupalikkaan, koska koko imupalikan imualue ei peity eikä imua silloin synny kappaleen alle. Imupalikoihin sopii yleensä mikä tahansa tuote, kunhan se peittää imupalikan ja sen pinta on riittävän tasainen imupalikkaa vasten.

Imupalikoitakin on erikokoisia ja niistä tulee valita sopiva jokaiselle kappaleelle. Jos pienimmätkään imupalikat eivät riitä, niin tällöin vaihtoehtona on käyttää päältä tai sivulta toimivia puristimia. Imupalikoiden kohdalla on myös mahdollista jättää pieni irtityöstön vara, jos tehdään niin pieniä kappaleita, etteivät ne enää riitä imupalikoille. Näitä voidaan jättää suurempi määrä yhteen levyyn, josta ajetaan pieniä kappaleita, ja nämä pienemmät kappaleet on helppo työstää irti toisella koneella. Tämä on yksi ratkaisu kapeiden kappaleiden kohdalla, jos kappaleen oma kiinnitysala ei riitä imupalikoihin. Kuviossa 13 on esimerkki kapeiden kappaleiden kiinnittämisestä imukupeilla.

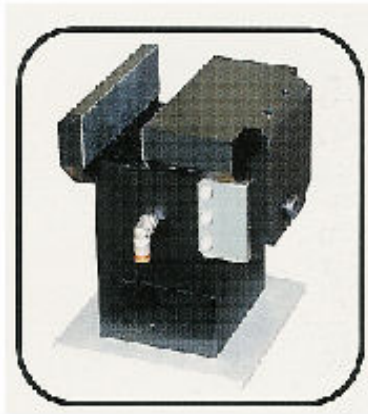


KUVIO 13. Kapeiden kappaleiden kiinnittäminen (Penope Oy 2004)

4.2.3 Puristimet

Kapeiden ja pienien kappaleiden kiinnittämiseen sopii puristimet hyvin, koska näissä imupinta-ala on hyvin pieni ja suurella koneistusvoimalla pelkillä imukupeilla kappale voi liikahtaa ja tärinästä koneistuksen aikana. Puristimia on sekä päältä että sivulta toimivia, ja niihin voidaan ohjelmasta riippuen laittaa vaikka useampi tuote.

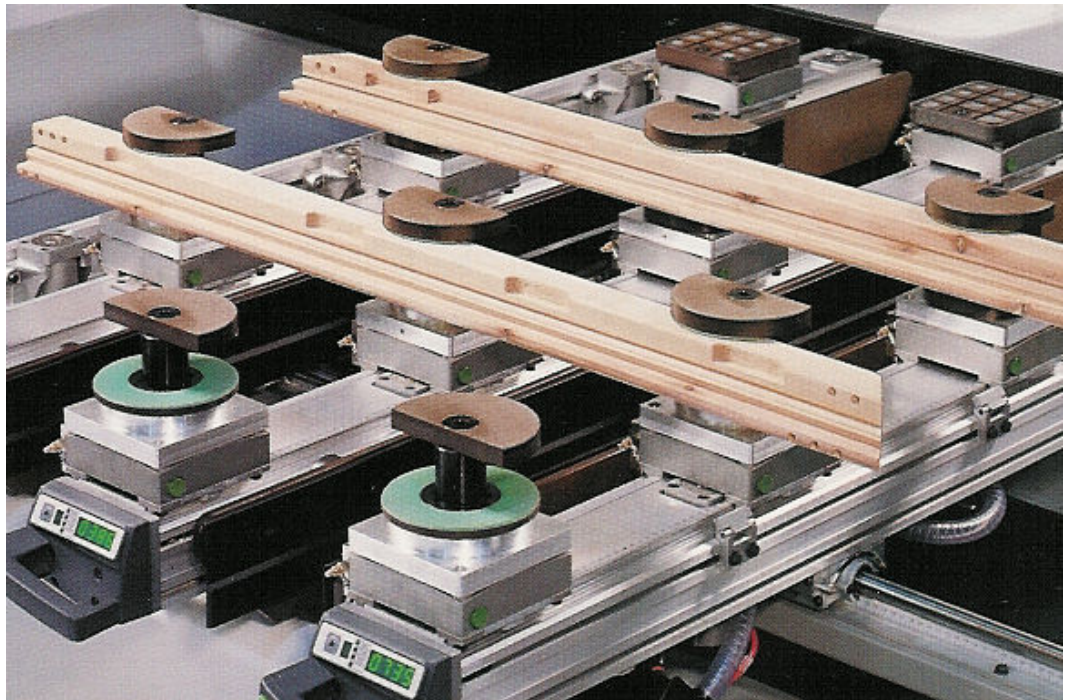
Puristimia voidaan ohjelmoida myös niin, että koneistuksen aikana voidaan puristus vaihtaa toiselle puolelle kappaletta, jolloin ne eivät ole monimutkaisten koneistuksen tiellä. Tällöin ei tarvitse tehdä uutta ajo-ohjelmaa päältä ja sivulta toimiville puristimille. Alla on kuvia yksittäisestä päältä ja sivulta toimivasta puristimesta kuvio 14, 15 ja kuvassa 16 kapeita kappaleita koneistetaan sivulta, joten puristimet tukevat päältä hyvin. Kuvioissa 17, 18 ja 19 on esimerkkejä kapeiden ja pienien kappaleiden kiinnittämisestä.



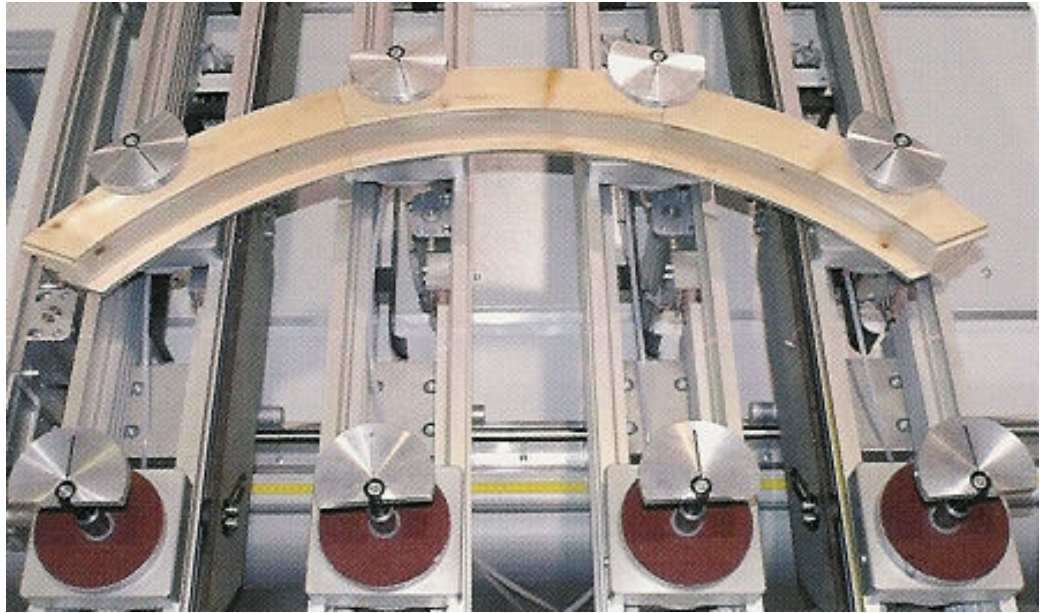
*KUVIO 14. Sivulta toimiva puristin
(Awutek Oy 2004)*



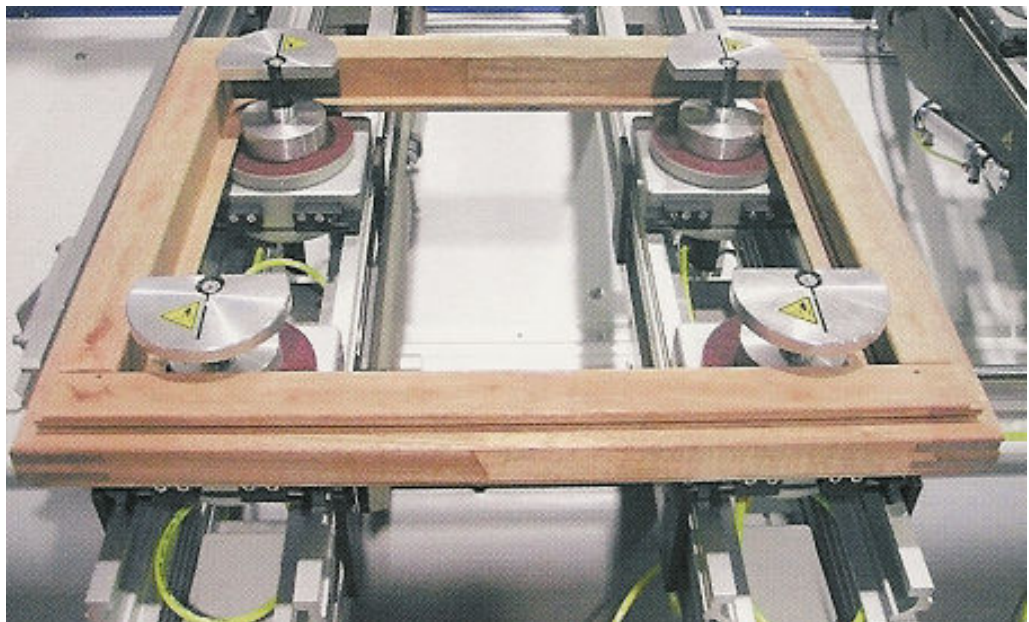
*KUVIO 15. Päältä toimiva puristin
(Penope Oy 2004)*



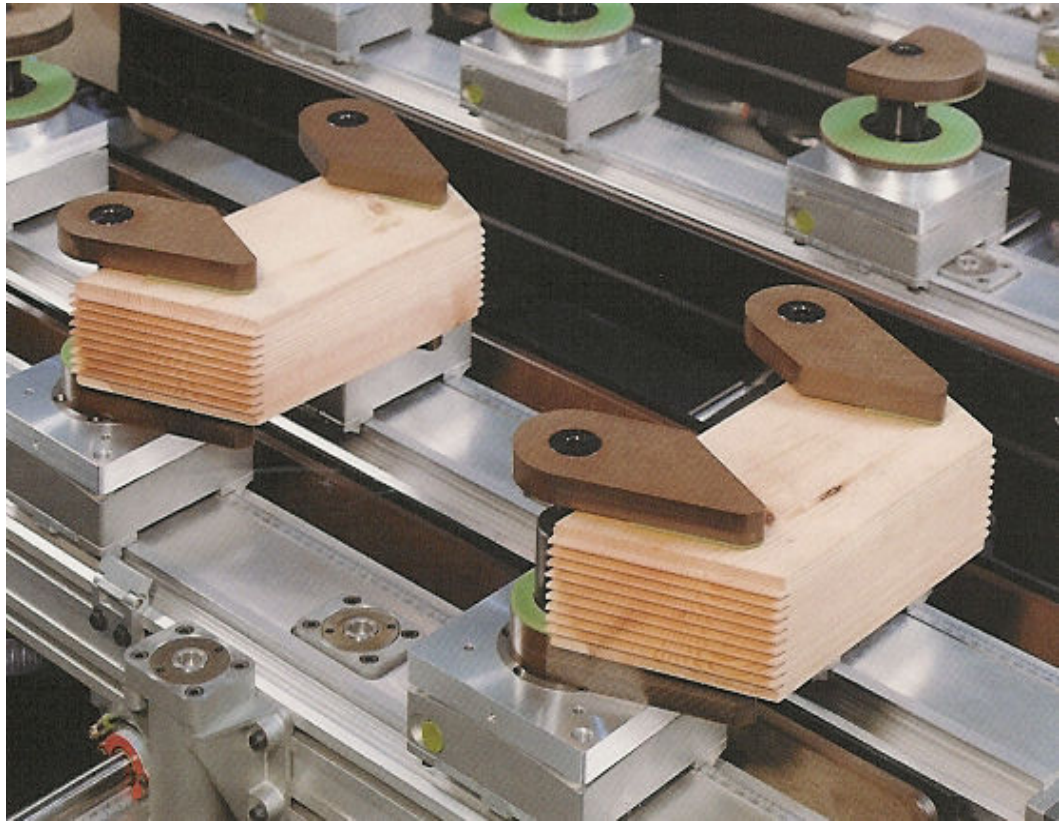
KUVIO 16. Kapeiden kappaleiden puristaminen (Penope Oy 2004)



KUVIO 17. Puristimien käyttö kaarevissa kappaleissa (Tekma Oy 2005)



KUVIO 18. Puristimien käyttö kehikoissa (Tekma Oy 2005)



KUVIO 19. Puristimien käyttö pienissä kappaleissa (Penope Oy 2005)

Puristavat tarraimet sopivat parhaiten levytuotteille, pienille ja kapeille kappaleille, joita voidaan samalla kertaa asettaa useampi. Muita kiinnitysmekanismeja ovat perinteiset kiinnityselementit, kuten ruuvipuristimet, kolmieleukaistukat, sekä erilaiset kiinnitysraudat. Kiinnitysrautoja kuitenkin käytetään vain yksittäistä kappaletta työstettäessä. Sarjoja valmistettaessa tulee käyttää erikoiskiinnittimiä lisänä asetusajkojen nopeuttamiseksi. Valinta tehdään kappaleen koon ja muodon mukaan, ettei itse kiinnitys aiheuttaisi vauriota työstettävään kappaleeseen.

Hyvän puristimen ominaisuuksia ovat myös helppo kiinnitys, puristin on kestävä, ja hyvä yhteensopivuus eri tuotteille. Huonoja puristimia ovat ne, joiden asentamiseen kuluu aikaa ja puristimen ja tuotteen pinnan kosketus on epätasainen, sekä puristuksen lyhyt säätöväli.

4.2.4 Tuotekohtaiset jiggit

Kapeissa kappaleissa, jotka ovat kaarevia, on hyvä käyttää kiinnittämisen apuna tuotekohtaisia jiggejä, koska nämä tukevat kappaletta yleensä koko imupinnalta tai usemmilta suunnilta, kuten kuviossa 20. Jigeillä saadaan hyvä tuki kapeaan kappaleeseen, mutta tällöin ei voida koneistaa kappaletta joka suunnalta. Itse jigi on kiinnitetty imukuppien päälle ja apuna on käytetty erillisiä lisäpuristimia.



KUVIO 20. Kapeissa kappaleissa käytettävät jiggit (Koristepuu Tmi 2005)

Kuviossa 21 kapealle kappaleelle suunnitellussa jigissä on suunniteltu tuolin sarjaosan kiinnittäminen siten, että kappaletta voidaan tukevasti koneistaa pinnalta ja päädyistä. Kappaleen alla jigissä on ilmareikiä, joista voidaan muodostaa kiinnitykseen tarvittava imu. Tuolin sarjat on helppo vaihtaa tähän jigisiin, eikä jokaisella kerralla tarvitse erikseen hakea tarkkaa kohtaa. Toisella puolella on samanlainen, mutta peilattu jigi.



KUVIO 21. Kapean kappaleen jigi (Koristepuu Tmi 2005)

4.2.5 Kiinnittämisen ongelmat

Kapeat ja pienet kappaleet muodostavat yleensä aina ongelman, joka täytyy tuotekohtaisesti ratkaista mielikuvituksella esim. jigiä käyttämällä. Pienillä ja kapeilla kappaleilla kiinnityspinta-ala on aina pienempi, joten pienissä kappaleissa on parempi jättää irti-jyrsintää vähän vajaaksi ja erottaa pienet palikat toisistaan vasta koneistuksen jälkeen.

Kiinnityksessä tulee huomioida, että varsinkin pidemmissä kappaleissa täytyy laittaa tarpeeksi tiheään kiinnittimiä, ettei ylimääräistä tärisemistä esiinny. Tämän tekeminen vie aikaa, mutta kapeita kappaleita mahtuu yleensä enemmän NC-koneen työstöalueelle, joten kapeita kappaleita varten voidaan tehdä useampia asetteita samaan aikaan. Tämä säästää aikaa ja jos koneistettava erä on suuri, niin toisella kerralla ei tarvitse enää uudestaan tehdä samaa asetetta. Kiinnittämisen ongelmia voidaan tässäkin vähentää, jos ne otetaan aina jo suunnittelussa huomioon.

4.3 Muotopuristeet

4.3.1 Tasopinnat ja rasteripöydät

Taso- ja rasteripinnoille voidaan myös laittaa muotopuristeita, mutta ne tarvitsevat yleensä aina lisäkiinnittimiä avuksi, kuten tuotekohtaiset jiggit tai ajomallineet. Nämä tulee suunnitella siten, että koneistus ei mene jigien läpi ja riko kiinnityspintaa. Muotopuristeet ovat yksilöllisiä muodoltaan, joten yleensä aina kiinnittäminen tulee ottaa jo huomioon koneistusta suunniteltaessa. Kuviossa 22 on muotopuriste ajomallineen päällä kiinnitetty rasteripöytään.



KUVIO 22. Muotopuriste kiinnitetty ajomallineella rasteripöytään (EFG Tuolituotanto Oy 2006)

4.3.2 Imupalikat ja puristimet

Imupalikat eivät yksinään yleensä sovi muotopuristeille, koska tasaista tartuntapintaa ei välttämättä ole. Imupalikoita voidaan käyttää, jos

muotopuristeen tartuntapinta-ala sopii imupalikoihin ja kohtia on riittävästi, jotta kiinnittäminen voidaan tehdä tukevasti. Puristimilla saadaan pitävämpi ote ja niitä voidaan asetella vapaammin tuotteen eri kohtiin ja valita koneistukseen sopivia puristimia.

4.3.3 Tuotekohtaiset jiggit

Muotopuristeiden kiinnittäminen on usein työlästä ja tukemisen avuksi tarvitaan tuotekohtaisia ajomalleja tai jigejä, joita vasten kappale tukeutuu. Jigit tai ajomallineet tehdään aina tuotekohtaisesti, jotta kiinnitys tukee tuotteen muotoa ja siitä tulisi luja, kuten kuviossa 23. Usein näitä muotopuristekappaleita lisäksi työstetään eri suunnilta, joten jigien asemoiminen tulee olla helppoa ja niiden valmistusvaiheessa on otettava myös eri koneistusvaiheet huomioon. (Sinelampi 2006)



KUVIO 23. Muotopuriste ja sen ajomallinne (EFG Tuolituotanto Oy 2006)



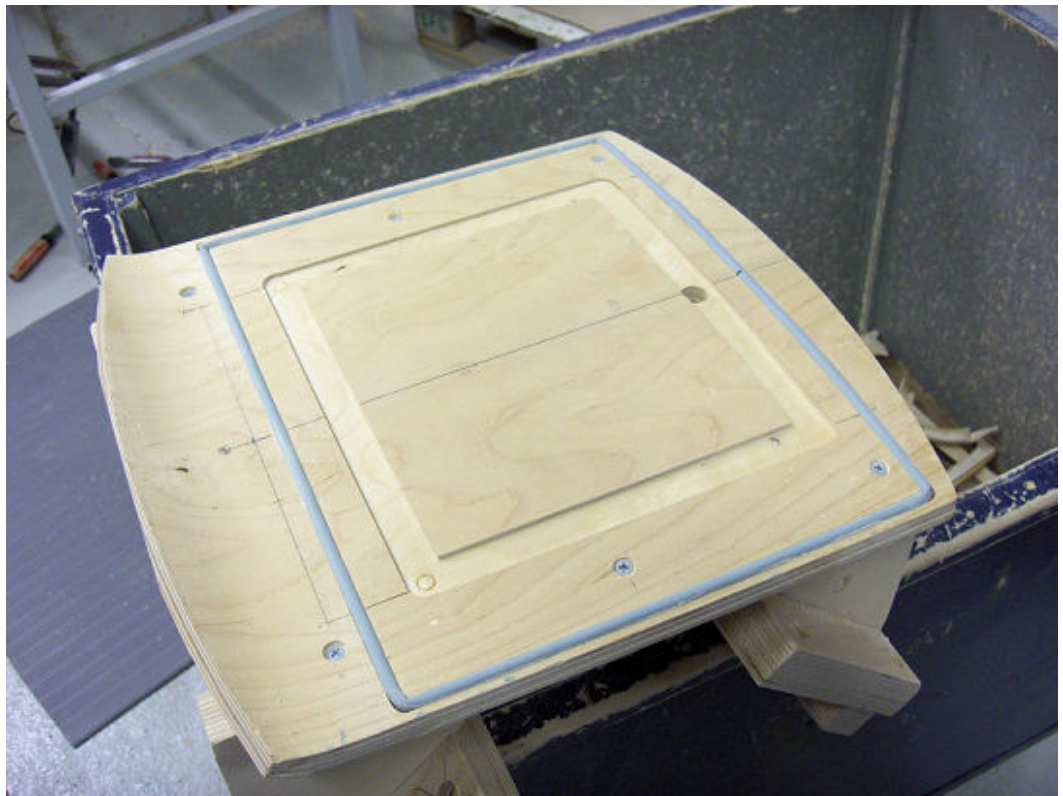
*KUVIO 24. Muotopuriste kiinnitetty ajomallineella matriisipöytään
(EFG Tuolituotanto Oy 2006)*



*KUVIO 25. Ajomallineen kiinnittäminen imukuppien päälle. (Koristepuu Tmi
2005)*

Kuviossa 24 näkyy, miten ajomalline on kiinnitetty ruuveilla matriisipöytään ja kuviossa 25 imukuppeihin. Imu on ohjattu erillisellä letkulla, josta se imee kappaleen kiinni. Jigejä tai ajomallineita suunniteltaessa tulee olla tarkka, että malline sopii täysin muotopuristeen muotoon, jotta tiivistekumin avulla saataisiin imu pidettyä koneistettavan kappaleen alla, ettei tule vuotoja. Pienikin ilman vuoto tiivisteestä estää kunnollisen imun syntymisen, joten kappale ei pysy kiinni ja koneistuksen aikana se voi irrotessaan vahingoittua täysin.

Ajomallineiden ja jigien työturvallisuudessa tulee kiinnittää huomiota aina myös näiden ajomallineiden kuntoon ja erityisesti tähän kuminauhan tai vastaavan tiivistepinnan kohtaan. Kuvioissa 26 ja 27 nähdään, millainen on hyvän ajomallineen pinta.



KUVIO 26. Muotopuristeen ajomalline (EFG Tuolituotanto Oy 2006)



KUVIO 27. Muotopuristeen ajomalline (EFG Tuolituotanto Oy 2006)



KUVIO 28. Muotopuriste kiinnitetty käännettävään tasoon (EFG Tuolituotanto Oy 2006)

Muotopuristeita voidaan joutua työstämään monelta eri suunnalta, joten tämä voidaan toteuttaa käännettävällä tasolla, jolle on myös helppo asentaa omat jiginsä. Kuviossa 28 on ajomalline kiinnitetty suoraan kääntyvään tasoon, joka kääntyy suoraan ohjelman mukaan ja helpottaa muotopuristeen työstöä eri suunnilta. Jos kappale täytyy kokonaan kääntää, niin silloin tarvitaan uusi kääntöpuolta vastaava ajomalline, jonka vaihtaminen vie taas oman aikansa.

(Sinelampi 2006)

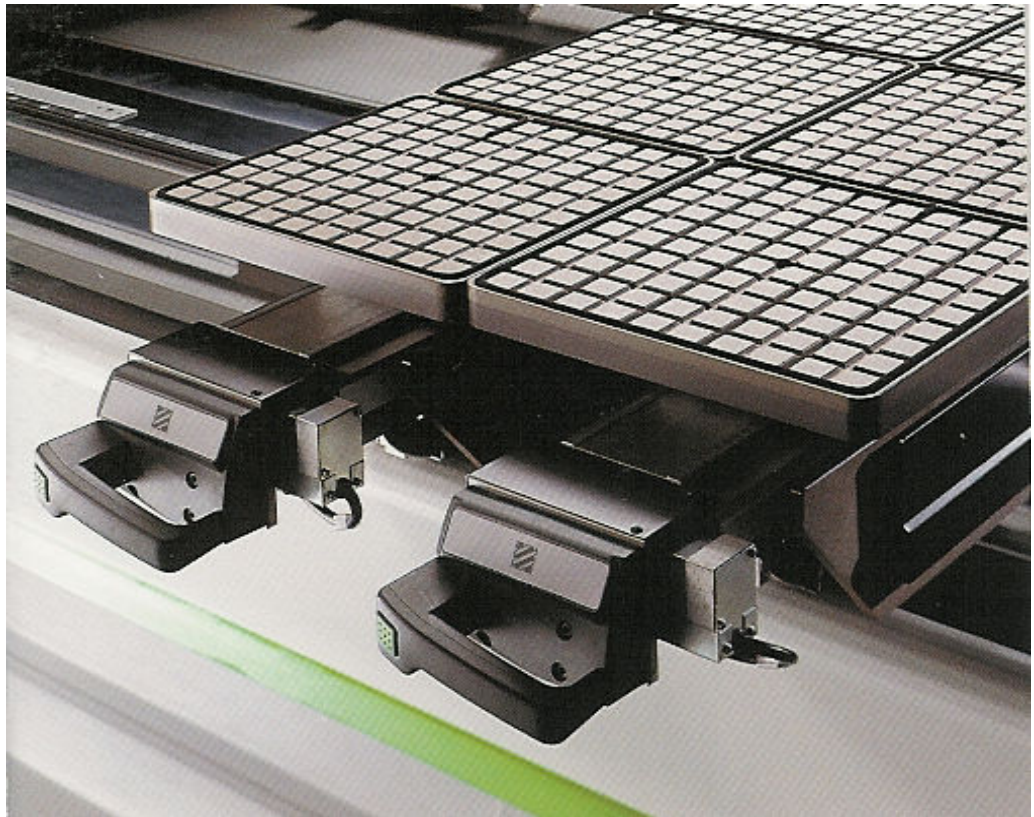
4.3.4 Kiinnittämisen ongelmat

Muotopuristeet ovat aina työläämpiä kiinnittää, koska ne ovat yksilöllisiä ja tarvitsevat myös oman ajomallineen tai jiginsä. Niiden kiinnittämiseen joudutaan enemmän kiinnittämään huomiota jo koneistusta suunniteltaessa. Itse jigien tekeminen ei yleensä tuota ongelmaa, mutta jokaisen tuotteen kohdalla on myös asetettava jigi paikoilleen ja tähän kuuluu yleensä aikaa. Joskus voi muotopuristeen pinta soveltua tavallisiin imukuppeihin, ja tällöin ei erillisiä jigejä tarvita. Monimutkaiset työstöradat ovat yksi syy muotopuristeiden kiinnittämisessä, kun koneistuksessa tulee kiinnittää tähän huomiota ja tuotetta voidaan joutua kääntämään koneistuksien välillä. Tällöin on hyvä olla erillinen kääntöpöytä niitä varten.

4.4 Muotoiltavat imualueet

Muotoiltavat imualueet voidaan koota ja muotoilla halutunkokoisiksi esimerkiksi pienemmistä imupalikoista. Näitä on erikokoisia ja niitä yhdistelemällä voidaan muotoilla vaikka koneistettavan levyn muotoinen ala, jolloin ylimenevät kohdat voidaan koneistaa kappaleen läpi.

Kuviossa 29 on pienemmistä imupalikoista koottu suurempi imualue. Tätä ratkaisua voidaan käyttää esimerkiksi levytuotteissa, kun tarvitsee hyödyntää koko levyn pinta-ala kiinnittämisessä.



KUVIO 29. Muotoiltavat imualueet (Penope Oy 2005)



KUVIO 30. Kuva tiivistenauhasta, jolla voidaan rajata imualuetta (EFG Tuolituotanto Oy 2006)

CNC-koneen pöytään voidaan myös asettaa ristiuritettu vanerilevy tai joukku y-suuntaisia alumiinipalkkeja, jotka kiinnittyvät pöytään alipaineen ja kumisen tiivistenauhan avulla. Tällä menetelmällä voidaan rajata tarkka kohta, johon kappale halutaan kiinnittää. Yllä olevassa kuviossa 30 on rasteripöytään asetettu tiivistekumi.

4.5 Kiinnittämisen suunnittelu

Kappaleen kiinnittäminen on aina monimutkaisempaa suuremmissa NC-työstökeskuksissa, ja olisi pystyttävä tekemään aina tukeva kiinnitys, mikä ei vie aikaa ja haittaa koneistusta. Tästä onkin tullut ongelma tietotekniikan kehittyessä, jolloin tietokoneilla pystytään suunnittelemaan yhä suurempia ja monimutkaisempia työstöohjelmia, joissa kappaletta voidaan esimerkiksi joutua työstämään joka suunnalta. Itse kiinnittämisen tulisi myös olla vaivatonta ja nopeaa. Vaikeamuotoisille kappaleille on tehty tukialustoja sekä asetettu lisäksi kiinnittimiä kappaleen tukemiseksi.

Käännettävät kappaleet voivat olla myös yksi ongelma, jos koneistusta ja kiinnitystä ei ole otettu tarpeeksi huomioon. Kappaleen toinen puoli voi aina olla erilainen ja sisältää eri koneistuksen. Tämän vaihtamiseen ei saisi mennä aikaa, ja uuden asetteen tekemiseen kuluu aikaa. Valmiit jigit on helppo asentaa imukuppien päälle, jos ne on tehty sitä varten.

4.5.1 Kappaleen asettaminen

Kappaleen kohta NC-koneen koneistusalueella määräytyy tehdyn ohjelman mukaan. Perinteisillä ohjelmoimismenetelmillä origot on määrätty koneen asetuksissa ja koneen käyttäjä voi valita sen pisteen, jonka suhteen kaikki koordinaattiarvot on ohjelmoitu. Kokemuksien perusteella origot on parasta asettaa siten, että Z0 on työstettävän kappaleen yläpinnassa. Origot ovat periaatteessa mahdollista asettaa mihin tahansa, mutta se vain hankaloittaa laskutoimia ja turhia virheitä saattaa esiintyä huolimattomuudesta.

NC-koneissa on mallikohtaisesti toleranssialueet, jotka mahdollistavat pienen liikkumavaran kappaletta asettaessa, koska kiinnityksessä tulee aina pientä mittaheittoa ohjelmoituun paikkaan verrattuna. Tämä johtuu siitä, että millimetreissä oleva mittatarkkuus voi olla jo tulkinnanvaraista eri koneen käyttäjiltä ja toleranssialueella on tämä pyritty ottamaan huomioon. Muutoin koneistettaessakin tulisi saman verran mittaheittoa, kuin kappaleen paikka on katsottu. Näiden toleranssialueiden sisään kappale on osattava kuitenkin sijoittaa. Jos se tästä ylittyy, niin kappale on jo eri kohdassa, mitä on ohjelmoitu ja syntyy virhettä koneistettaessa. (*Pikkarainen 1999, 86.*)

4.5.2 Laser osoittimet ja LED-näytöt

Asettamisen helpottamiseksi on useissa malleissa Laser osoittimet ja LED-näytöt, jotka näyttävät tarkasti kappaleen paikan. Tämä säästää jo asetusaikaa, kun palkkien kohdat ja kappaleen paikat nähdään jo valmiina. Aikaa ei kulu enää kiinnittimen tarkkaan asentamiseen. Kuviot 31 ja 32 palkkien päässä on digitaalinen näyttö, joka näyttää palkkien tarkan sijainnin. Kuviossa 33 nähdään laser valon näyttämä paikka imukupin päällä.



KUVIO 31. Liikutettavat palkit ja imukupit (Penope Oy 2004)



KUVIO 32. LED-näyttö paikantamisen apuna. (Projecta Oy 2004)



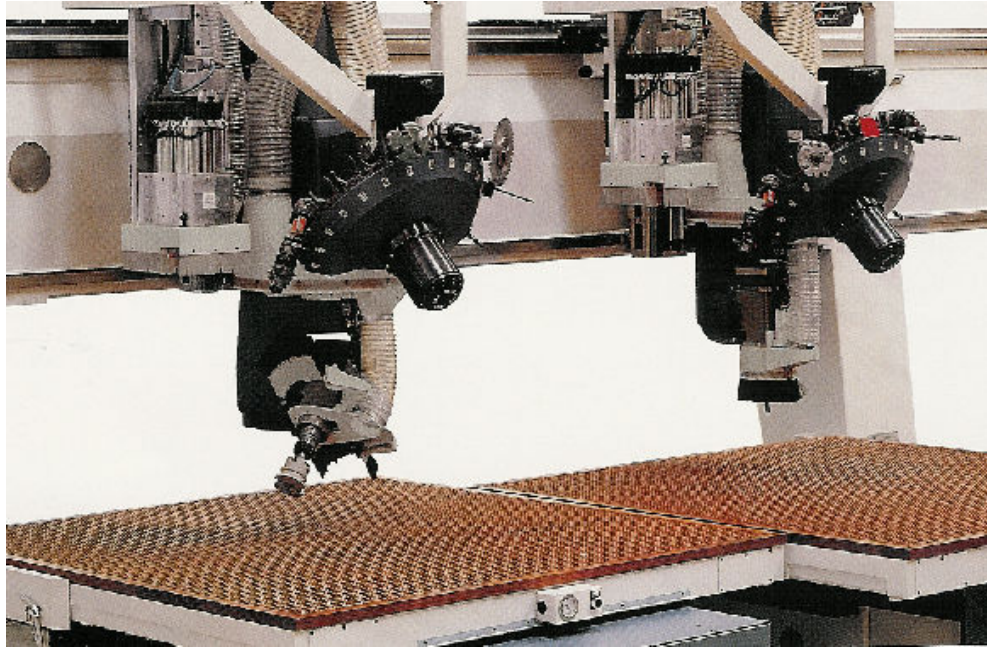
KUVIO 33. Laser näyttämässä imukuppien paikan. (Projecta Oy 2004)

4.5.3 NC-työstökeskukset kahdella työstöyksiköllä

Suuremmissa NC-työstökeskuksissa voi olla kaksi erillistä työstöyksikköä ja kaksi tasopöytää, joille kummallekin voidaan ajaa omat asetteet ja koneistaa erikseen. Samaa sarjaa ajettaessa voidaan säästää näillä malleilla myös aikaa, kun toinen pöytä on koneistuksessa ja toiselle voidaan samalla aikaa asettaa uusia tuotteita. Kuvioiden 34 ja 35 mallit ovat yksi vaihtoehto ajansäästämiseksi asetteiden teossa, kun toinen kiinnitinpöytä on tuotteen kanssa jo koneistuksessa ja toiselle voidaan samalla tehdä uusia asetteita.



KUVIO 34. Kuva kahdesta eri tasopöydästä. (Projecta Oy 2004)

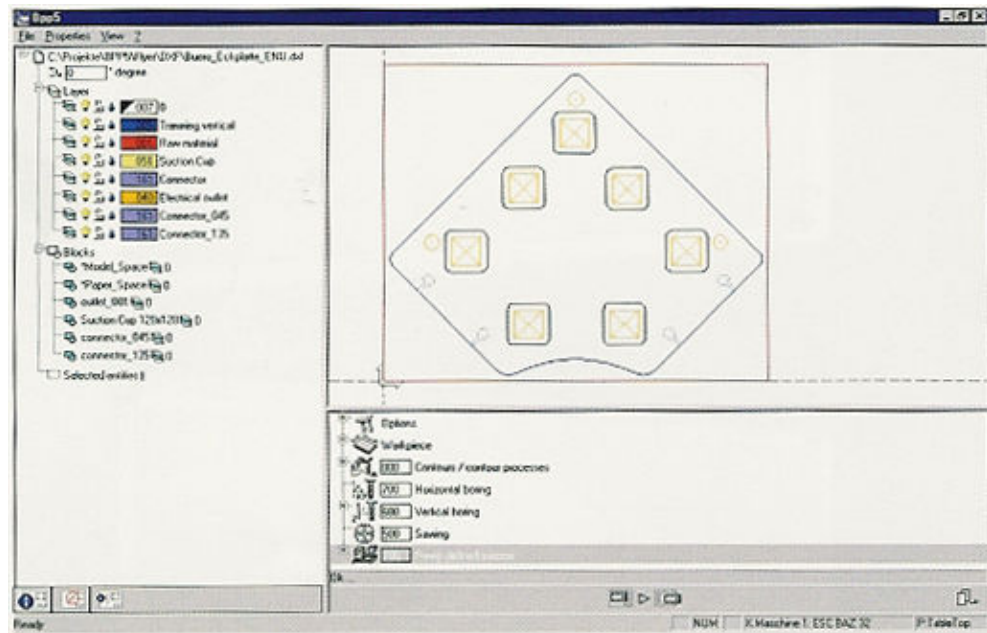


KUVIO 35. CMS:PX 5 malli (Awutek Oy 2004)

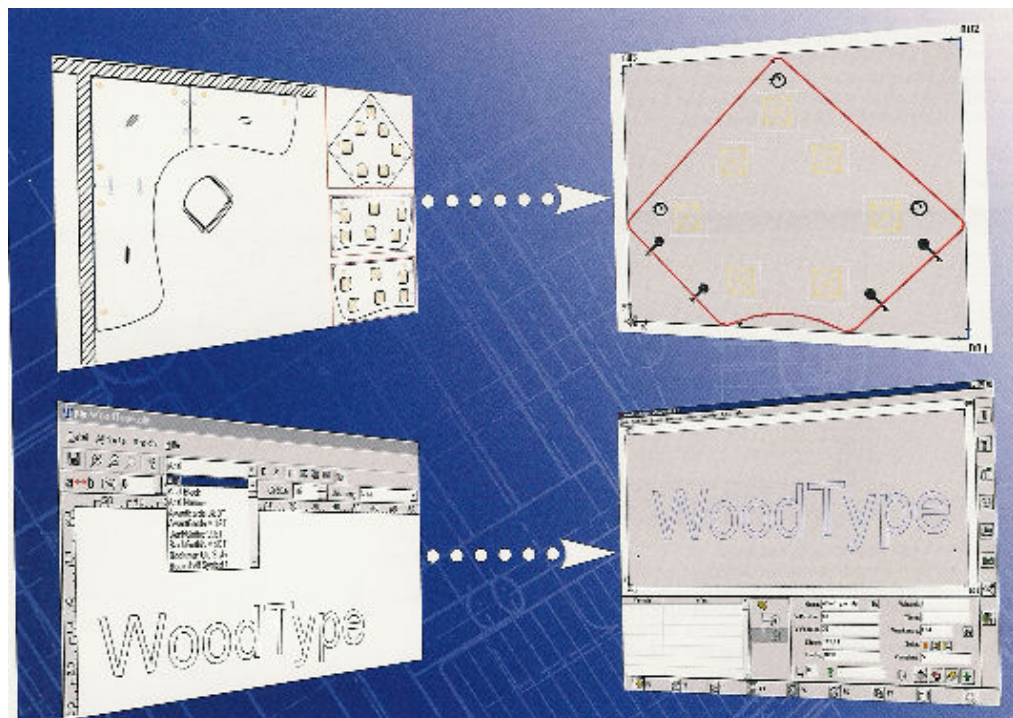
4.6 PC-ohjelmilla suunnittelu

CNC-työstökeskuksen ja 3D-ohjelmiston kokonaisuus antavat merkittäviä etuja koneistusta suunniteltaessa. Tällä voidaan uuden NC-koneen nopeaa sisäänajoa hyödyntää, ohjelmointiajat lyhenevät, toistuvilta ajovirheiltä vältytään, kun rakenne voidaan tarkastaa jo 3D tuotoksena sekä osien työstöt ja poraukset sopivat yhteen ohjelman parametrisääntöjen avulla.

Ohjelmistolla voidaan ohjelmoida koko kalusto verrattuna aikaisempiin pelkkien osien ohjelmointiin. Tuotteet voidaan hahmottaa 3D-kuvana, joka lisää käyttäjäystävällisyyttä ja läpinäkyvyyttä käyttäjän työssä. Nämä 3D-mallinnukset voidaan vielä visualisoida helposti ja nähdä suunniteltu työ jo valmiina tuotoksena. Ohjelmaan voidaan lisätä osaohjelmia ns. komponentteina. Nämä komponentit pitävät sisällään kaikki tuotannon tarvitsevat tiedot, kuten työkalunumerot, syvyydet, halkaisijat jne. Näin ollen työntekijä voi ohjata tuotantoa. Hän voi muuttaa työkalua, vaihtaa porauksen jyrännäksi ja muokata lisää ohjelmaa. Kuvioissa 36 ja 37 näkyy esimerkki woodwop ohjelmasta.



KUVIO 36. Woodwop (Projecta Oy 2004)



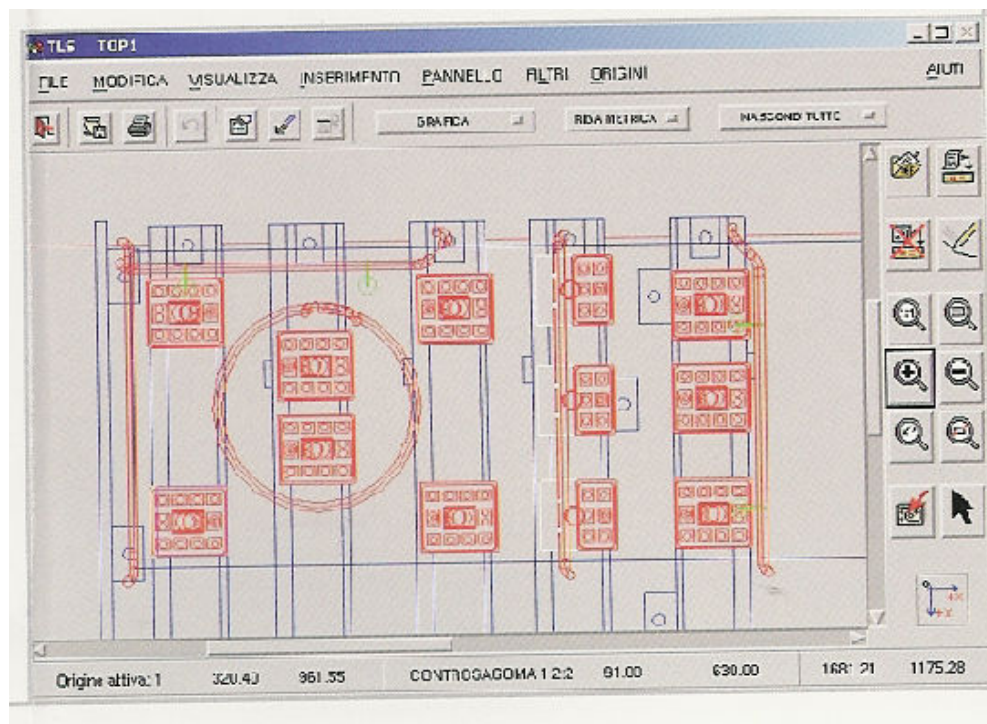
KUVIO 37. Woodwopilla ohjelmoiminen (Projecta Oy 2004)

5. AUTOMAATTISESTI ASEMOITUVAT PALKIT JA IMUKUPIT

5.1 Mallikohtaiset ratkaisut

Uusimmissa malleissa on automaattisesti ohjelmasta asemoituvat palkit ja imukupit, joista Penope Oy:n tuotteissa käytetään (EPS) lyhennystä. Koneen käyttäjän ei tarvitse enää kuluttaa aikaa näiden asemoimiseen, vaan tämä on jo otettu huomioon koneistusta suunniteltaessa. Kappale tarvitsee asettaa valmiiksi vain koneistuspöydälle, jonka kiinnittämisestä ja työstöstä huolehtii ohjelma. Ohjelmalla voi myös samalla tehdä toisen asetuksen vapaana olevista palkeista ja imukupeista kun toiselle asetukselle varatut palkit ja imukupit ovat vielä koneistuksessa.

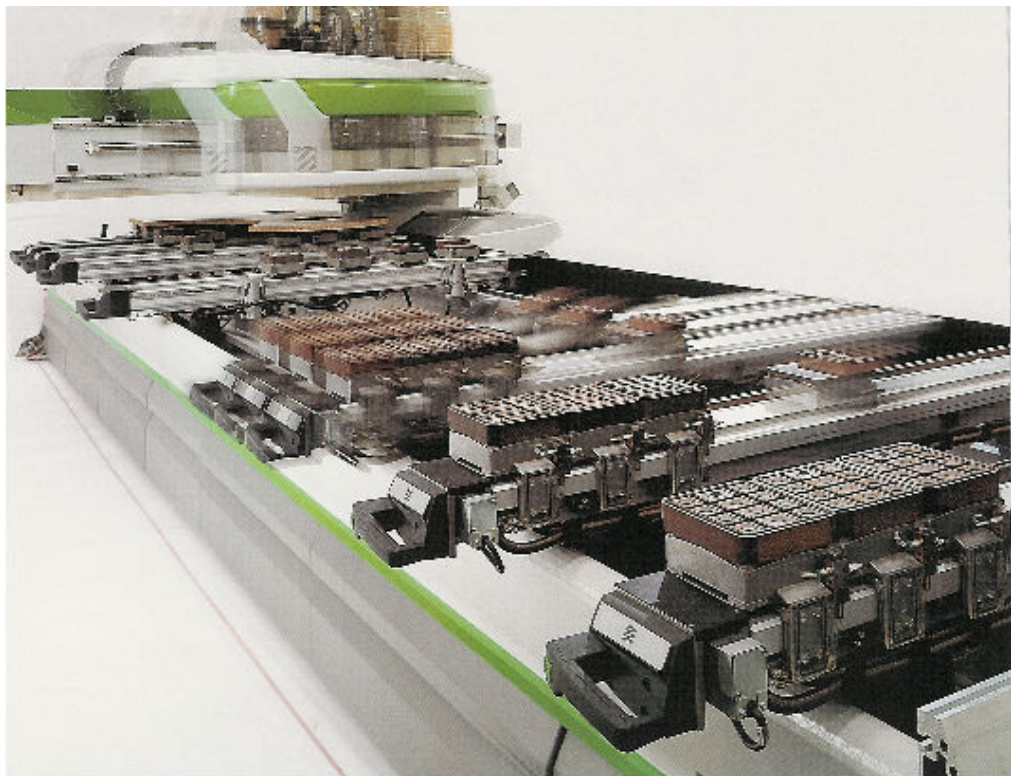
Palkit ja imukupit liikutetaan kohdalleen valmistajan tekemällä PC-ohjelmalla. Ohjelmalla saadaan tarkka kohta kappaletta varten, mihin kappale kuuluu asettaa, Palkit ja imukupit asemoituvat minuutin aikana uuteen asetteeseen. Koneen käyttäjän tarvitsee enää vain laittaa kappale valmiisiin asetteisiin. Kuviossa 38 näkyy palkkien ja imukuppien ohjelmointi.



KUVIO 38. Palkkien ja imukuppien ohjelmointi (Penope Oy 2005)

Kaikkien valmistajien malleissa EPS ei ole vielä ollut vakiona pelkässä perusmallissa. Se on pitänyt investoida lisähintaan, jotka taas vaihtelevat eri valmistajien kesken.

NC-koneiden lopullisen hinta tulee siitä, mitä koneelta halutaan ja sen mukaan investoidaan lisäominaisuuksia, jotka voivat helposti vielä tuplata koko koneen hinnan. EPS on lisäoptiona arvokas, kun 6 palkkia tuo keskimäärin lisähintaa noin 18 000 € ja 10 palkille noin 30 000 €. Tämä tekee yhtä automaattipalkkia kohden 3000 €. 10 palkilla voidaan kuitenkin tehdä samaan aikaan enemmän asetteita verrattuna 6 palkkiin ja tämä säästää tuotanto aikaa. Kuvioissa 39 ja 40 on kahden eri valmistajan NC-konemallit.



KUVIO 39. EPS (Penope Oy, 2005)



KUVIO 40. Busellato Jet 4 (Tekma Oy, 2005)

5.2 EPS Investoinnin kannattavuus

Tässä vertaillaan, kuinka kannattavaksi EPS investointi tulisi 6 ja 10 palkin NC-koneilla. 6 palkilla koneistusala on pienempi ja tässä kannattavuus vertailussa kerralla voidaan ajaa vain yksi levy, jolloin koneistusaika keskimäärin on 2 minuuttia. 10 palkkiin on laskettu 2 levyä yhdellä kertaa ajoon ja koneistusajaksi on arvioitu 3 minuuttia.

Alla on tehty laskelma koneen kannattavuudesta eräässä tehtaassa, jossa NC-koneella työskennellessä laskutetaan 100 € tuntia kohden, joka kasvaa myös päivässä tuotettuihin kappalemääriin nähden. Tuottavuutta on tarkasteltu 6 ja 10 palkin NC-koneella ilman EPS:ää, sekä 6 ja 10 palkin NC-koneilla, joissa on EPS. Näitä vertaamalla nähdään, tuleeko tämä EPS:n investointi kannattavaksi näillä arvoilla tässä tehtaassa.

Aseteajat koostuvat yleensä terien vaihdosta, palkkien ja imukuppien asemoimisesta ja ajo-ohjelmasta. Jokaisessa asetteen vaihdossa tapahtuu ainakin ajo-ohjelman parametrien muuttamista ja kappaletta vaihdettaessa myös palkkien ja imukuppien asemoiminen. Tässä tarkastuksessa on vertailtu vain palkkien ja

imukuppien asemoimiseen kuluva aika kokeilemalla 5 – 15 asetetta työpäivää kohden. Tästä voidaan nähdä, missä tämä uusi tekniikka näillä annetuilla asetearvoilla tulisi kannattavaksi. Taulukoissa 1-4 on näinde NC-koneiden laskelmat.

TAULUKKO 1. 6 palkin NC-kone ilman EPS:ää

6 palkkia ilman EPS:ää

Asetteen vaihtoja/tpv	5 kpl	10 kpl	15 kpl
Työpäivä	480 min	480 min	480 min
Aseteajat	22.5 min	45 min	67.5 min
Alku- ja lopetustyöt	25 min	25 min	25 min
Tauot ja huollot	50 min	50 min	50 min
Nettokapasiteetti	382.5 min	360 min	337.5 min
Koneistuaika 1 levy	2 min	2 min	2 min
Levyjen määrä/tpv	191 kpl	180 kpl	168 kpl
Laskutus	638 €	600 €	563 €

TAULUKKO 2. 6 palkin NC-kone EPS:llä

Asetteen vaihtoja/tpv	5 kpl	10 kpl	15 kpl
Työpäivä	480 min	480 min	480 min
Aseteajat	5 min	10 min	15 min
Alku- ja lopetustyöt	25 min	25 min	25 min
Tauot ja huollot	50 min	50 min	50 min
Nettokapasiteetti	400 min	395 min	390 min
Koneistuaika 1 levy	2 min	2 min	2 min
Levyjen määrä/tpv	200 kpl	197 kpl	195 kpl
Laskutus	700 €	691 €	683 €

6 Automaattipalkilla levyjen tuotto päivässä on jo hiukan parempi, joten sille laskettiin 105 € /h suhteessa tuotettuihin kappalemääriin. Tässä ero on pienempi, koska yhtä levyä koneistettaessa jokaisen koneistuksen jälkeen on vaihdettava

uusi levy ja kone joutuu olemaan pysähdyksissä jokaisen levyvaihdon kohdalla. Asetusaikaa säästetään, jos pystytään samalla koneistuksella ajamaan kaksi levyä kerralla. Kappalemääristä ja tuntihinnasta koostuva tuottohintaa työpäivää kohden on tällöin 130 €. Tästä laskettiin tuotto 10 palkille ilman EPS:ää. Kuvioissa 41 ja 42 on 10 palkkisten NC-koneiden laskelmat.

TAULUKKO 3. 10 palkin NC-kone ilman EPS:ää

10 palkkia ilman EPS:ää

Asetteen vaihtoja yhdessä päivässä	5 kpl	10 kpl	15 kpl
Työpäivä	480 min	480 min	480 min
Aseteajat	22.5 min	45 min	67.5 min
Alku- ja lopetustyöt	25 min	25 min	25 min
Tauot ja huollot	50 min	50 min	50 min
Nettokapasiteetti	382.5 min	360 min	337.5 min
Koneistusaika 2 levyä	3 min	3 min	3 min
Koneistuksia/tpv	127	120	112.5
Levyjen määrä/tpv	255 kpl	240 kpl	225 kpl
Laskutus	828 €	780 €	731 €

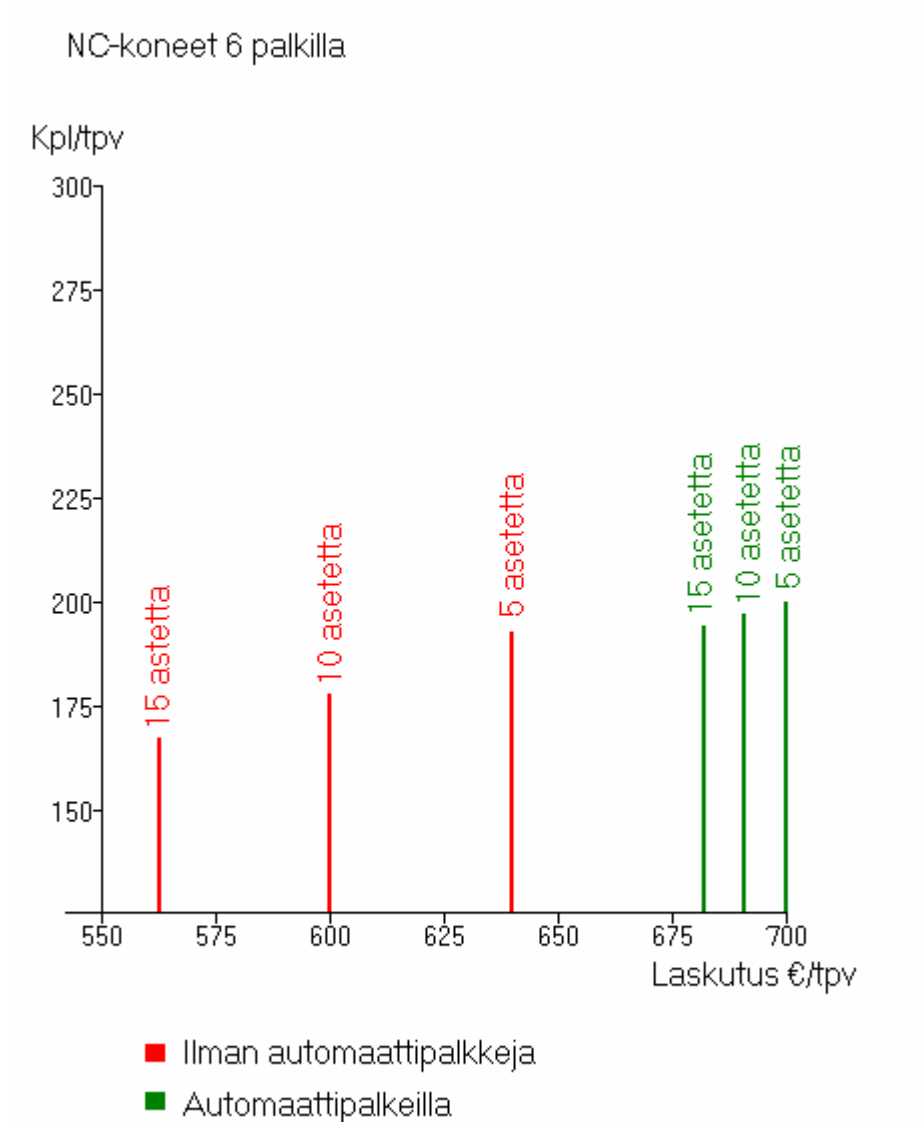
TAULUKKO 4. 10 palkin NC-kone EPS:llä

10 automaattipalkilla

Asetteen vaihtoja	5 kpl	10 kpl	15 kpl
Työpäivä	480 min	480 min	480 min
Aseteajat	5 min	10 min	15 min
Alku- ja lopetustyöt	25 min	25 min	25 min
Tauot ja huollot	50 min	50 min	50 min
Nettokapasiteetti	400 min	395 min	390 min
Koneistusaika 2 levyä	3 min	3 min	3 min
Koneistuksia/tpv	133	131	130
Levyjen määrä/tpv	266 kpl	262 kpl	260 kpl
Laskutus	933 €	922 €	910 €

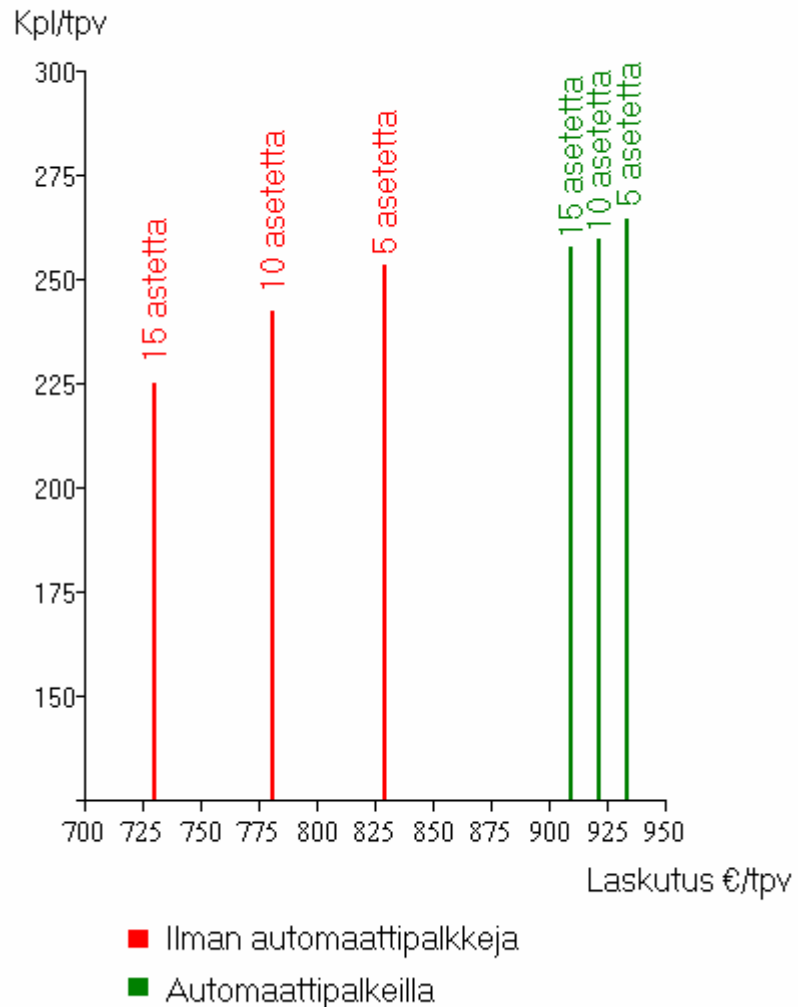
Automaattipalkkien kanssa tuottohintaa on jo 140 € työpäivää kohden. Nämä laskelmat osoittavat, että EPS:llä varustettu kone tuottaisi näillä annetuilla

arvoilla jo hiukan paremmin työpäivää kohden. Tällä uudella tekniikalla parannetaan nettokapasiteettiä, kun aseteajat lyhenevät huomattavasti ja tuottavuuskin on jo yhdessä päivässä parempi. Alla oleviin kuvioihin 41 ja 42 on koottu saadut tuotot ensin 6 palkilla ja sitten 10 palkille.



KUVIO 41. NC-koneet 6 palkilla

NC-koneet 10 palkilla



KUVIO 42. NC-koneet 10 palkilla

Kuvioista 41 ja 42 voidaan havaita selvemmin, että EPS tuottaa enemmän verrattuna NC-koneisiin, joissa sitä ei ole. EPS:n kanssa on myös asetteiden määrästä aiheutuva ajan ero pienempi, mutta pidemmällä aikavälillä voidaan huomata 10 palkilla olevan koneen tuottavan enemmän kuin 6 palkkia. Tämä johtuu siitä, että 10 palkin koneella voidaan ajaa kaksi levyä kerrallaan eikä koneen tarvitse näiden välissä pysähtyä.

Tuottavuus voidaan nähdä selvemmin liikevaihdossa, kun lasketaan molempien 10 palkilla kannattavampien koneiden tuloslaskelma vuoden ajalle ja oletetaan

tuotannon pysyvän samana. NC-kone ilman EPS ominaisuutta on lähtöhinnaltaan 140 000 € ja EPS:llä 170 000 €.

TAULUKKO 5. Tuloslaskelmat 10 palkille

NC-kone ilman automaattipalkkeja

Vuodet	1.	2.	3.	4.
Liikevaihto	198480	198480	198480	198480
Muuttuvat kulut	-79392	-79392	-79392	-79392
Myyntikate	119088	119088	119088	119088
Kiinteät kulut	-52000	-52000	-52000	-52000
Käyttökate	67088	67088	67088	67088
Poistot	-35000	-26250	-19688	-14765
Korkokulut	-7900	-5025	-3769	-2827
Liiketulos	24188	35813	43631	49496

NC-kone automaattipalkeilla

Vuodet	1.	2.	3.	4.
Liikevaihto	223920	223920	223920	223920
Muuttuvat kulut	-89566	-89566	-89566	-89566
Myyntikate	134352	134352	134352	134352
Kiinteät kulut	-52000	-52000	-52000	-52000
Käyttökate	82352	82352	82352	82352
Poistot	-42500	-31875	-23906	-17930
Korkokulut	-8500	-6375	-4782	-3586
Liiketulos	31352	44102	53664	60836

Tuloslaskelmissa taulukko 5 näkyy, että EPS tuottaisi vuodessa jo selvästi enemmän Poistot koostuvat lain sallimasta 25 %:sta koneen jäljellä olevasta kirjanpitoarvosta ja korko on laskettu 5,6 %:sta. Molemmat NC-koneet maksavat itsensä takaisin reilussa 2 vuodessa näillä arvoilla, josta EPS 10 palkilla maksaa itsensä 3 kuukautta aikaisemmin.

Koneen vuotuinen tuotto nousee ajan kuluessa nopeasti, mutta käytännössä mukana ovat myös huolto-, korjaus- ja muut käyttökulut, jotka koostuvat aina tapauskohtaisesti. EPS:n investoinnin kannattavuus riippuu tuotannon nopeudesta, tuotantomääristä ja kuinka tiheästi asetteita joudutaan vaihtamaan.

5.3 Edut ja haitat

Suurin etu EPS ohjelmassa on se, että siinä ei tarvitse enää kuluttaa aikaa palkkien ja imupukkien asemoimiseen. Tämä on nyt valmiiksi tehty ohjelmalla, joten tuotteet tarvitaan vain asettaa paikalleen.

EPS:n investointi on kuitenkin vielä kallista ja se toimii vain liikutettavien palkkien kanssa, mutta tämä ohjelmoitava pöytä tuo paljon etuja suurissa tehtaissa. Tällä säästetään tärkeää päivän apuaikaan tarvittavaa aikaa ja työvoimaa. Koneistusajat pidentyvät ja tuotanto tehostuu. Koneen hoitaja ehtii tekemään tällä väliin muita tärkeitä työtehtäviä.

Edut tulevat parhaiten esiin, kun ajetaan vakiokappaleita, jossa tuotannollisista syistä ajetaan pieniä määriä kerrallaan. Näissä kappaleen koot saattavat vaihdella, ja ohjelmaan syötetään vain uudet tiedot, jolloin NC-koneen palkit ja imukupit asemoituvat oikeisiin paikkoihin. Kappale tarvitsee vain laittaa valmiin asetteen päälle.

6. YHTEENVETO

Työn aiheena oli kappaleen kiinnittäminen CNC-koneeseen puuteollisuudessa ja tarkoituksena oli tarkastella mitä erilaisia tuotteita työstetään NC-koneissa, mitä erilaisia kiinnitysvaihtoehtoja on olemassa, ja mitkä ovat niiden hyödyt ja haitat.

Uusien mallien EPS (Electronic Positioning System) nopeuttaa asetteiden tekoa, koska ne suunnitellaan jo koneistusohjelmaa tehtäessä ja kone asemoi suoraan ohjelmasta palkit ja imukupit paikoilleen. Koneen käyttäjän ei itse tarvitse enää asemoida näitä, joten tämä säästää asetteiden tekoon kuluvan ajan.

Imukuppeja käytettäessä voidaan tehdä läpikoneistuksia, mutta niiden osalta aikaa on ennen kulunut niiden asemoimiseen. Imukuppien kanssa kappale täytyy laittaa niiden päälle tukevasti ja ottaa huomioon etteivät ne koneistettaessa vaurioitu. Imukupit soveltuvat parhaiten tuotteisiin, joissa on tasaisia pintoja.

Tasopinnoilla on yleensä käytössä koko pöydän ala, joten niille on hyvä asettaa tasaisia levyjä ja tuotekohtaisia jigejä. Jos tehdään myös läpikoneistuksia, niin imukuppeja tulee tällöin asettaa väliin tai käyttää ns. ”uhrilevyä”. Tasopinnoille ja rasteripöydille joudutaan muotoilemaan kappaleen muotoinen imualue, jotta imu syntyisi vain kappaleen alle.

Pitkissä kappaleissa tai suuremmissa levyissä tulee ottaa myös huomioon, ettei levy tärise ja joustu koneistuksen aikana. Tällöin kiinnittimiä tulee asentaa mahdollisimman tiheään, jotta tätä ei tapahtuisi.

Kappaleen kiinnittämisen apuna on käytössä monenlaisia vaihtoehtoja, kuten päältä ja sivulta toimivat puristimet. Näitä voidaan käyttää esimerkiksi pienissä ja kapeissa kappaleissa, koska niiden pinnat ovat yleensä liian pieniä imukupeille ja tasopinnoille. Pienien ja kapeiden kappaleiden koneistuksessa voidaan myös jättää irtityöstöä hieman vajaaksi ja katkaista kappale kokonaan muulla työkalulla.

PC-ohjelmistoilla saadaan nykyään suunniteltua yhä monimutkaisempia koneistuksia kappaleille. Tämä on helpottanut ohjelmien tekoa ja valmiin ohjelman voi tarkastaa jo tietokoneella. Näiden avulla voidaan jo kappaleen kiinnityskin suunnitella samalla, mutta koneen käyttäjän on tarvinnut vielä tehdä asetteet.

EPS tuo kiinnittämisen kannalta etua, koska palkkien ja imukuppien asemoimiseen ei tarvitse enää käyttää paljoa aikaa. Tämän ansiosta kiinnittämisen voi yhä enemmän ottaa huomioon suunnittelussa ja ohjelmoinnissa.

Kannattavin EPS on tehtaissa, jossa joudutaan paljon vaihtamaan ajo-ohjelman parametrejä ja asemoimaan imukuppeja ja palkkeja. Nykyisten koneiden hinnat putoavat aina uusien mallien tullessa ja EPS:llä varustettuja NC-koneita voi saada jo käytettynä kohtalaiseen hintaan, jolloin EPS:n investoinnistakin tulee kannattavampaa.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Awutek Oy. 2004. CMS Pentax NC -konemallien esitteet.

Penope Oy. 2004-2005. Biesse Rover 35, Rover 37, Rover 20 NC -konemallien esitteet.

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

Projecta Oy. 2004. HOMAG VENTURE 10, WOODWOP. NC -konemallien ja ohjelmistojen esitteet.

Tekma Oy. 2006. Busellato jet NC-kone mallien esitteet.

Painamattomat lähteet

EFG-tuolituotanto Oy. 2006. Muotopuristeajomallien kuvat.

Koristepuu Tmi. 2005. Muotopuristeiden kuvat.

Haastattelut

Sinelampi, T. Kehittämispäällikkö. EFG Tuolituotanto Oy, PL 210, 15101 Lahti.

Haastattelu 9.3.2006.