

Sami Kinnunen

CNC - TYÖSTÖKESKUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikka

Tammikuu 2010

SISÄLLYS
TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO	1
2 YRITYKSEN ESITTELY	2
3 TEHOSTAMINEN TUOTANNOSSA	3
3.1 Käyttöympäristön kehittäminen	4
3.2 Aseteaika	3
4 CNC – TYÖSTÖKESKUS	6
4.1 Rakenne	6
4.2 Työstöpöytä	7
4.3 Jyrsinyksikkö	8
4.4 Porausyksikkö	9
4.5 Työkaluvaihtaja	9
4.6 Istukat ja aggregaatit (kulmavaihteet)	11
4.7 Alipainepumppu	13
4.8 Kiinnitystiilet	13
5 NC – OHJELMOINTI	14
5.1 Ohjelmointiprosessi	14
5.2 Ohjelmointi manuaalisesti G - koodilla	15
5.3 Ohjelmointi CAD/CAM – ohjelmistolla	16
5.3.1 CAD/CAM – ohjelmoinnin edut	16
5.3.2 CAD/CAM – ohjelmoinnin huonot puolet	17
5.4 Ohjelmointi Xilog – ohjelmistolla	18
6 TERIEN VALINTA	20
7 TEHOSTAMISKEINOT	22
7.1 Tehostamiskeinoja CNC - koneistukseen	22
7.2 Tehokkuutta ohjelmointitavoista	23
7.3 Asetteenteon vaikutus tehokkuuteen	24
7.4 Terähuollon merkitys	25
7.5 Terien säilytys ja huoltopiste	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Tekniikka, Ylivieska	Aika Tammikuu 2010	Tekijä/tekijät Sami Kinnunen
Koulutusohjelma Puutekniikka		
Työn nimi CNC – Työstökeskuksen käyttöönotto		
Työn ohjaaja Kaija Arhio, Pasi Hakasaari		Sivumäärä 28 + 2
Työelämäohjaaja Mikko Karhumaa		
Opinnäytetyössä perehdyttiin CNC - työstökeskuksen käyttöönottoon ja tehokkaaseen käyttöasteeseen. Työn kohde yritys MSJ - Wood Oy oli hankkinut työstökeskuksen, josta heillä ei ole ollut aiempaa kokemusta. Niinpä työ piti sisällään perustietoa työstökeskuksen rakenteesta, toiminnasta, ohjelmoinnista sekä teristä. Työn alussa käytiin läpi teoriaa tuotannon tehostamisen eri keinoista, sekä tapoja toteuttaa niitä ja niiden soveltamista työstökeskuksen käyttöympäristöön. Näiden lisäksi suurena kokonaisuutena oli useamman ohjelmointitavan läpikäynti ja niiden käyttö eri tilanteissa. Työ piti sisällään salaisen osion. Työn tavoitteena oli löytää keinoja joilla työstökeskuksen käyttöastetta kyetään parantamaan ja tehostamaan. Tehostamiskeinoissa läpi käytiin niin työstökeskuksen käyttöympäristöä kuin sen käyttöä. Työn tuloksia ei kyetä lyhyellä aika välillä havaitsemaan, mutta keinoja oli siis tarjolla niiden parantamiseen. Toivottavasti työn tuloksina esitettyjä asioita kyetään jatkossa käyttämään työstökeskuksen käyttöasteen parantamiseen ja sen käytettävyyteen.		
Asiasanat NC - ohjelmointi, CNC - tekniikka, työkaluhallinta, tuotannon tehostaminen, asetteet		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Technology, Ylivieska	Date January 2010	Author Sami Kinnunen
Degree programme Wood technology		
Name of thesis The introduction of work centers		
Instructor Kaija Arhio, Pasi Hakasaari		Pages 28 + 2
Supervisor Mikko Karhumaa		
The thesis was devoted to CNC - machining center deployment and effective utilization. The work of the target company MSJ - Wood Ltd had acquired a machining center, which they have not had previous experience. Thus, the work had to include basic information about the machining center design, operation, programming, and blades. At the beginning of the work went through the theory of the production of various methods of reinforcement, as well as ways to implement them, and their application in machining center operating environment. In addition to these great programming as a whole was more of the Walkthrough and their use in different situations. The work had to include a secret partition. Work aims at finding ways to machining center capable of improving the utilization and effectiveness. Of increasing through the machining center took place on the use of the environment so as to use it. Results will not be able to work in the short time between the detection, but the means were thus available for their improvement. Hopefully, the results of work, the issues in the future to use the machining center capable of improving the utilization and availability.		
Key words NC - programming, CNC - engineering, tool control, efficient production, drafts		

KÄYTETYT LYHENTEET

CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computerized Numerical Control
DXF	Drawing Interchange Format
EPS	Electronic Positioning System
HZ	Hertz
MDI	Manual Data Input
NC	Numerical control
PC	Personal Computer
TPM	Total Productive Maintenance

1. JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty MSJ - Wood Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää erilaisia keinoja ja kehittää Computerized Numerical Control (CNC) - työstökoneen käyttöönottoa helpottavia ohjeistuksia. Työssä tapoja selvitetään myös tehokkaaseen koneen käyttöön, niin koneesta kuin käyttöympäristöstä.

MSJ-Wood Oy:lle CNC - työstökeskus oli yrityksen ensimmäinen, ja siksi työn lähtökohdaksi oli aloittaa CNC tekniikan perusteista. Aluksi käsiteltiin koneen rakennetta ja ohjelmointi koskevia asioita, sekä teriin liittyvää tietoa. Perusasioiden jälkeen työssä paneuduttiin etsimään erilaisia keinoja koneen tehokkaaseen käyttöön.

Tehokkuutta pyrittiin etsimään sekä koneen ympärille rakentuvasta kokonaisuudesta että tehokkaasta koneella toimimisesta. Työssä käytiin läpi erilaisia ohjelmointitapoja ja niiden parhaita käyttötarkoituksia, jotta käyttäjä osaisi jatkossa valita mahdollisimman hyvin oikean tavan tehokkaaseen käyttöön. Koneen käyttöympäristön parantaminen ja selkeyttäminen sekä terähuoltoa koskevat asiat olivat myös tärkeä osa kokonaisuutta.

2. YRITYKSEN ESITTELY

MSJ-Wood Oy sijaitsee Luohuan kylässä Pohjois-Pohjanmaalla Siikajoen kunnassa. Yritys on perustettu vuonna 1998. Tuolloin toiminta alkoi Ruukki Wood Oy alihankkijana, ja tuotanto keskittyi yksistään huonekaluosien valmistukseen. Yrityksen valmistamien tuotteiden markkina-alueena toimi tuolloin Englanti. Myöhemmin mukaan tuli myös muita isoja ja pienempiä huonekaluvalmistajia, joiden alihankkijana toiminta jatkui. Tuotekirjo koostui tuolloin laatikonsarjoista, kehyspuista ja listatuotteista.

Vuonna 2006 yrityksen toiminta laajeni porrastuotantoon, ja tuolloin yritys osti Jussi-porras liiketoiminnan Sievissä toimivalta yritykseltä. Porrastuotannon alkuvaiheessa tuotanto keskittyi valmistamaan portaita lähinnä mökki tarpeisiin. Vuonna 2009 yritykseen hankitun isomman CNC työstökeskuksen tuloksena oli mahdollista laajentaa porrastuotantoa ja ottaa markkinointi kohteiksi myös omakotitalot. Vuonna 2008 yrityksen palveluksessa toimi keskimäärin 8 henkilöä, ja liikevaihtoa noin 1,6 milj. euroa.

3. TEHOSTAMINEN TUOTANNOSSA

3.1 käyttöympäristön kehittäminen

Kilpailukyky ja sen kehittäminen on tärkeä osa yrityksen jatkuvuuden takaamista. Miltei jokaisessa yrityksessä siitä puhutaan ja siihen panostetaan voimakkaasti esimerkiksi käyttöönottoon, logistiikkaan, laadun kehittämiseen, asiakaskeskeisyyteen, pääoman käytön järjeistämiseen, lyhyempiin läpimenoaikoihin, joustavaan tuotantoon tai uusiin työjärjestelyihin. Usein tämän tyyppisille toimille tai toiminnoille on yhteistä se, ettei niihin aina voi ostaa valmiita ratkaisuja.

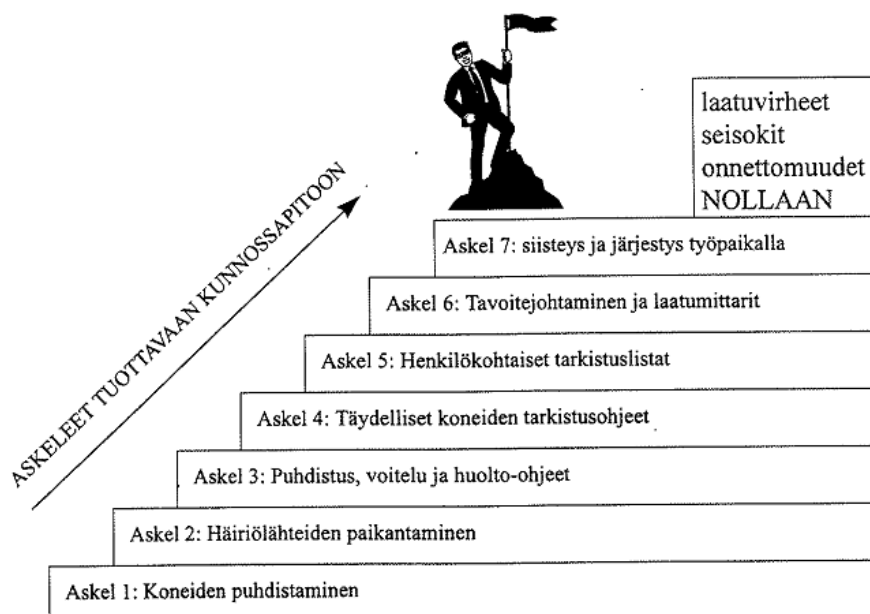
Sen sijaan olisi hyvä laittaa käyntiin muutostyö, mikä usein vaatii pitkäjänteisyyden ja tuen lisäksi pätevoitymistä, sekä asioihin perehtymistä. Työoloja ja työympäristöä kartoittaneet tutkimukset ovat osoittaneet, että työolojen kohentaminen sekä selkeään järjestykseen ja siisteyteen panostaminen parantavat tuottavuutta merkittävästi. Samalla myös työtapaturmat ja poissaolot vähenevät. Tuottavuuden kehittäminen ei vaadi suuria toimenpiteitä eikä välttämättä edes aiheuta lisäkustannuksia.

Voidaan ajatella tilanne, jossa epäsiistissä ympäristössä koneeseen tulee vika. Kun tätä vikaa sitten lähdetään korjaamaan, niin täytyy ensin aloittaa korjaus siivoamalla, jotta yli-päättään päästään kohteeseen. Tässä on yksi syy, miksi koneiden ympäristö tulisi pitää siistinä ja järjestyksessä. Näin toimimalla voidaan säästää merkittävästi työaikaa varsinaiseen työntekoon, eikä niin kutsuttuihin aputöihin. Tätä toimintaa kutsutaan nimellä Total Productive Maintenance (TPM), millä Suomessa paremmin tunnettu nimellä tuottava kunnossapito.

Tuottavuusnäkökohta tulee esille jo nimestä, ja ehkä se ei ole millään tavalla liioittelua. TPM parantaa tuottavuutta, koska käytettävyyys lisääntyy ja ylimääräiset turhat työvaiheet jäävät pois, tai ainakin vähenevät merkittävästi. Tuottavuuden parantaminen on jatkuvaa kehittämistä ja sen edellytykset on luotava siten, että seuraaviin asioihin tulee kiinnittää huomiota. Kaikki koneet ja laitteet, jotka ovat tuotannossa, ovat jonkun vastuulla. Koneilla työskentelevät työntekijät huoltavat ja tarkistavat säännöllisesti laitteensa. Jokainen työntekijä huolehtii ja pitää oman työpisteensä järjestyksessä siten, että työtä on mielekästä ja

turvallista suorittaa. TPM toimintaa voidaan kuvata eräänlaisina portaina, joita ylös nousemalla päästään prosessissa parhaaseen tulokseen (KUVIO 1). Askeleella on yksi laitteiden puhdistaminen, joka pitää sisällään laitteiston tuntemisen, puhdistuksen merkityksen ymmärtämisen, sekä paremman huolenpidon laitteesta tai koneesta. Askeleella kaksi on ongelmakohtien paikallistaminen ja puhdistusajan lyhentäminen. Kolmas askel on puhdistus- ja huolto-ohjeiden laatiminen.

Neljäs vaihe on täydellinen koneen tarkistusohjeiden laatiminen. Askeleella viisi on tarkoitus laatia selkeät toimintaohjeet järjestelmän luomiseksi. Askeleella kuusi asetetaan tavoitteet ja valitaan ne asiat, joiden pohjalta tuloksia mitataan. Askeleella seitsemän on siisteys ja järjestys, jossa jaetaan jokaiselle henkilökohtaiset vastualueet. (Scandinavian Center for Maintenance Management, 1996.)



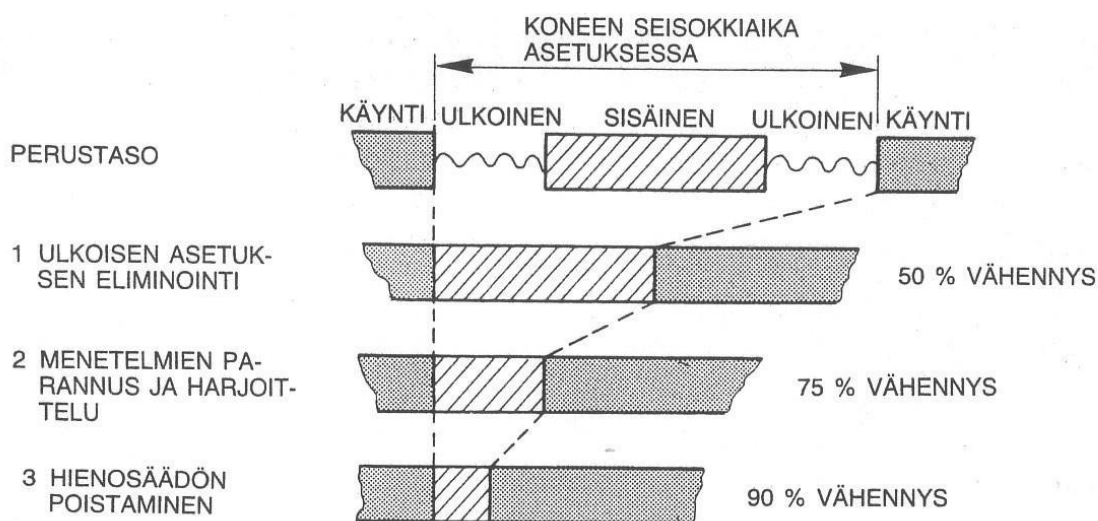
KUVIO 1. Tuottavuuden portaat. (Scandinavian Center for Maintenance Management, 1996.)

3.2 Aseteaika

Aseteaikoja lyhentämällä voidaan pienentää optimaalista eräkokoa, ja samalla kannattavuus paranee. Näin voidaan päästä vähitellen tilanteeseen, jossa jo yhden kappaleen tuotantoerä kyetään valmistamaan järkevällä ja kustannustehokkaalla tavalla. Aseteaikaa ei tulisi laskea siitä, kuinka kauan siihen käytetään aikaan, vaan aseteaika on laskettava ajasta, jonka kone seisoo tekemättä tuottavaa työtä. Näin päästään siihen tilanteeseen, jossa

voidaan laskea, kuinka paljon asetteen lyhentäminen toisi säästöjä. Aseteaikoihin vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kahteen eri tekijään, joita ovat koneen ulkopuoliset toimet ja varsinaisella koneella tehtävät toimenpiteet. Tämä kahtiajako helpottaa havaitsemaan, mikä tai mitkä ovat ne tekijät, josta säästöä voidaan lähteä etsimään. Aseteaikojen lyhentämisen ensimmäinen vaihe on siirtää koneen sisällä tapahtuva asetus koneen ulkopuolelle. Tässä tapauksessa se voisi olla ohjelmien luonti, koska kyseessä on CNC-Työstökeskus. Asetus standardisoidaan eli luodaan tapa ja tyyli, jolla jatkossa aina toimitaan esimerkiksi ohjelmien luonnissa.

Tässä asetuksessa voidaan myös ottaa huomioon kappaleiden kiinnitystavat, joita jatkossa pyritään noudattamaan. Näin toimimalla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä eteenkin ohjelmoinnissa. Kappaleiden kiinnityksistä tulee jatkossa parempia, kun menetelmä kehittyy, ja näin myös nopeampia toteuttaa, koska tunnetaan tavat. Prosessissa on kolme vaihetta, joista ensimmäisessä poistetaan koneen ulkopuolinen tekijä. Seuraavassa vaiheessa on menetelmien parannus ja viimeisessä hienosäädön poisto. (KUVIO 2.)



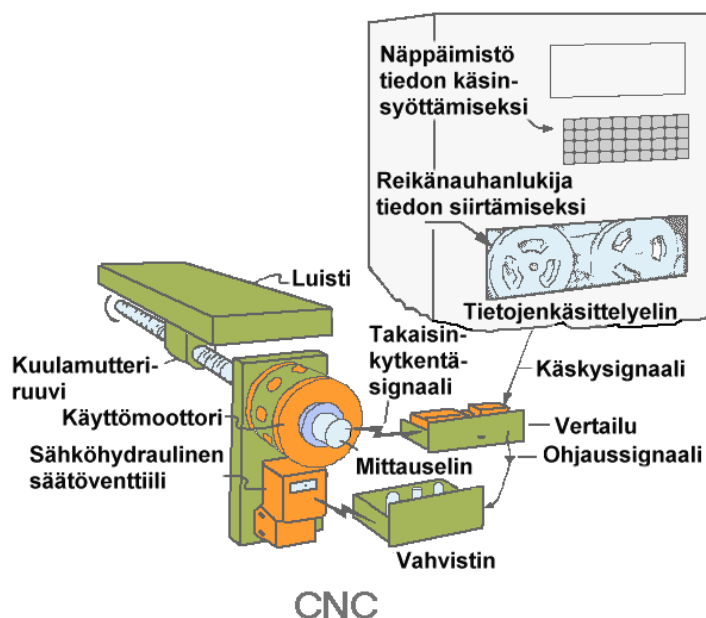
KUVIO 2. Koneen seisokkiaan vähentyminen asetuksia kehittämällä. (Tekninen tiedotus 24/84.)

Aseteaikojen lyhentäminen ja kehittyminen saattaa kestää vuosia, mutta nopeitakin tuloksia voidaan päästä nauttimaan. Tämä edellyttää järkevää ja ennalta hyvin suunniteltua valmistelua, jossa otetaan huomioon valmistuksen eri vaiheet. (Tekninen tiedotus 24/84.)

4. CNC – TYÖSTÖKESKUS

4.1 Rakenne

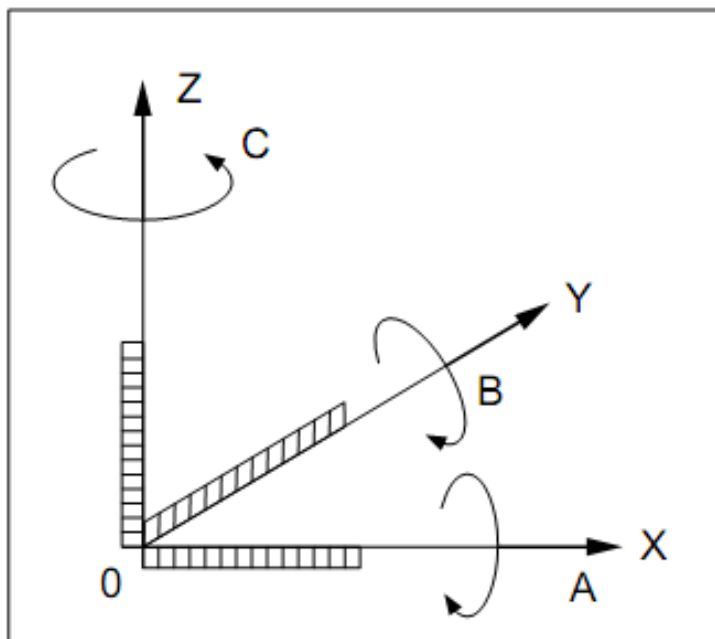
Usein puhutaan CNC-koneista, jolloin tarkoitetaan uudempia (noin vuoden 1974 jälkeen hankittuja) NC-koneita varustettuina ohjauksella, johon kuuluu Personal Computer (PC) - tietokone ja ohjelmamuisti. Vuosien aikana on lyhenne CNC menettänyt merkityksensä, sillä Numerical Control (NC) - koneella tarkoitetaan yleisesti konetta, jonka ohjaukseen kuuluu, niin ohjelmamuisti kuin PC- tietokone ohjaamaan sen toimintoja. (KUVIO 3.) (Pikkarainen 1999.)



KUVIO 3. CNC - koneen ohjausjärjestelmän rakenne (Pikkarainen 1999, 8.)

CNC - koneita on markkinoilla moneen käyttötarkoitukseen, ja nykyään lähes jokaisesta koneesta löytyy vähintään kolme liikkuvaa akselia. Kolmiakselisella tarkoitetaan sitä, että koneen työstörata voi liikkua kolmeen eri suuntaan yhtä aikaa. Markkinoilla on myös koneita, joissa on 4 - tai 5- akselia. Tämän kaltaiset koneet mahdollistavat jo erittäin monipuoliset työstöt. Perinteiset kolmiakseliset koneet käsittävät X-, Y- ja Z- akselin, näiden lisäksi olevia akseleita voivat olla A, B, C, U, V, W (KUVIO 4). (Pikkarainen 1999, 39.)

Koneisiin, jotka ovat varustettu C-akselilla, voidaan lisätä erilaisia aggregaatteja, jotka mahdollistavat esimerkiksi vinojen pintojen porauksen, jyrsinnän tai vaakatyöstöt. Aggregaatteja on olemassa lukemattomia määriä erilaisiin käyttötarkoituksiin ja kolmiakselikoneen varustelu aggregaateilla onkin monesti järkevämpää kuin 4- tai 5-akselisen koneen ostaminen.



KUVIO 4. Pyörähdysakselien sijainti pääakseleilla (NUM Program volume 1.)

4.2 Työstöpöytä

Työstöpöytä on CNC- koneessa oleva alusta, joihin työstettävät kappaleet asetellaan. Useimmissa konetyypeissä työstöpöytä on kiinteä osa konetta ja akselit liikkuvat sen suhteen. Työstöpöytä voi myös olla liikkuva, jolloin se liikkuu jonkin akselin suuntaisesti, ja usein tämän tapaisissa koneissa saattaa olla kaksi liikkuvaa pöytää. Pöydän koko ei ole sidottu mihinkään standardeihin, vaan se voi konetyypin mukaan vaihdella suurestikin, jotta jokainen asiakas löytää itselleen sopivan vaihtoehdon.

Pöytätyyppejä on useita erilaisia, ja jokaisella konevalmistajilla on oma tapansa toteuttaa työstöpöytä. Yleisimpiä pöytämalleja on niin kutsuttu rasteripöytä, jossa on yksi iso alusta, missä on tiheästi tehtyjä uria. Urat ovat tiivisteitä varten, jolloin pöydältä voidaan tiivisteiden avulla rajata käyttöön vain se alue, jolle kappale mahdollisesti asetetaan. Tiivisteellä rajatun alueen sisäpuolelta avataan ruuvit alipainetta varten, jolloin kappale saadaan pysymään

tukevasti pöytää vasten. Rasteripöytien materiaali vaihtelee eri valmistajien kesken, ja yleisimpiä materiaaleja ovat alumiini ja komposiitti. Rasteripöydän ominaisuudet soveltuvat parhaiden levymäisille kappaleille, jolloin alipaine voidaan tuottaa tasaisesti koko kappaleen alueelle. Palkkipöydäksi kutsuu pöytämallia, jossa on useita X- tai Y-akselin suuntaisia imupalkkeja, joita voidaan vapaasti asetella tarpeiden mukaan. Jokaisessa imupalkissa on yksi tai useampi imutiili, eli pieni alue, jolle alipaine muodostuu.

Imutiiliä voidaan myös siirrellä vapaasti jokaisessa palkissa. Palkkipöytiä on saatavana manuaalisesti säädettäviä tai täysin automaattisia, jolloin sekä itse palkki, että imutiilet siirtyvät automaattisesti ohjelmassa määrätyille kohdille. Automaattisesti toimivaa imupöydästä käytetään nimitystä Electronic Positioning System (EPS). Palkkipöytätyyppinen ratkaisu soveltuu hyvin esimerkiksi ulko-ovien työstöön. (Biesse. 2009.)

4.3 Jyrsinyksikkö

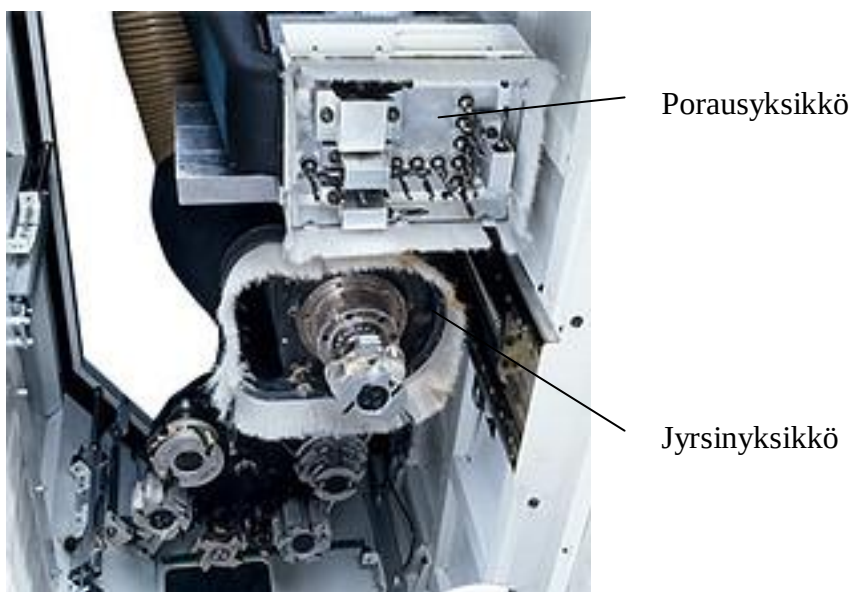
Jyrsinyksikkö on koneen päätyökalu, johon erilaisia teriä kiinnitetään istukoiden avulla. (KUVIO 5.) Jyrsinkara on kolmivaihe sähkömoottori, joka on laakeroitu erittäin tarkasti ja näin saatu miltei värinättömäksi. Karaa voidaan pyörittää sekä vasta-, että myötäpäivään jolloin tämä mahdollistaa erilaisia työstöjä ilman kappaleisiin syntyviä repimisiä. Karan kierroslukua voidaan säätää ohjelmallisesti terälle ja työstölle sopivaksi. Karan pyörimisnopeudet voivat olla 900–24 000 kierrosta minuutissa tai jopa tätäkin enemmän. (Pikkarainen 1999, 44 - 45.)

Kierrosluvun portaattoman säädön tekee mahdolliseksi taajuusmuuntajalla muutettu syöttöverkon taajuus, jota voidaan säädellä 0–400 Hertziä (Hz). Korkeat kierroslukumäärät mahdollistavat suuremmat syöttönopeudet ja paremman pinnanlaadun. Jyrsinyksiköitä voi yhdessä koneessa olla jopa kuusi kappaletta. Tämäntapaisia koneita kutsutaan kopiojyrsimiksi. Jyrsinkoneet, joilla voidaan työstää jokaisella karalla yksi tuote yhden työstön aikana, soveltuvat hyvin suurille kappalemäärille ja massatuotantoon.

4.4 Porausyksikkö

Porausyksikkö oli yleensä yksi niistä lisävarusteista joita CNC-työstökoneeseen voidaan liittää. Uudemmat koneet sisältävät jo poikkeuksetta vakiovarusteisena porausyksikön. Tämä on kuitenkin koneen valmistajasta ja varustelutasosta riippuvainen. Porausyksikkö on työstöpää, joka sisältää useampia poria olevan kokonaisuuden. (KUVIO 5.) Porien lukumäärä yksikössä ei ole vakio, ja siksi valmistajat tarjoavat aina useita vaihto-ehtoja, jotta voidaan palvella eri käyttötarkoituksia.

Porayksikkö sisältää sekä pysty-, että vaaka-asennossa olevia poria. Yleensä vaaka-asentoisia poria on siten, että poraus on mahdollinen tehdä kappaleen jokaiselle reunapinnalle. Porat on asennettu yksikköön aina tavaksi muodostuneen 32 millimetrin välein, jolla mahdollistetaan se, että yhdellä poraus-liikkeellä voidaan tarvittaessa tehdä useampi reikä.



KUVIO 5. Jyrsin- ja porausyksikkö. (scmgroup 2009.)

4.5 Työkaluvaihtaja

Kappaleen kiinnittämisen ohella yksi koneistamiseen kuluvaan aikaan merkittävästi vaikuttava tekijä on CNC-koneen työkalunvaihtaja. Työkalunvaihtajan nopeus vaikuttaa koko koneen tehokkuuteen, jos työstöissä käytetään useampaa kuin yhtä työkalua. Melko yleisesti käytetty tapa on suorittaa työstö koneella yhdellä kertaa, siis odottaa, kun kone käy vaihtamassa työkalua ja jatkaa työstöä. Optimaalisessa tilanteessa kone suorittaa aina vaih-

tamisen samalla, kun kone jyrsee, mutta käytännössä tämä lisää investointikustannuksia, ja asia pitää osata ottaa huomioon jo konetta ostettaessa. Mikäli koneessa on kaksi tai useampia työstöpäitä, niin voidaan eri työstöpäihin laittaa vuorotellen tarvittavia työkaluja. Näin voidaan välttää työstössä esiintyvä tauko työkalu-vaihdon yhteydessä. Tällä tavoin vaihto tapahtuu aina, kun toinen työstöpää tekee työtä.

Toisaalta useamman työstöpään ostaminen ei pelkästään työkalunvaihdon takia kannata. Työkaluvaihtajia on useita erityyppisiä eri valmistajilla, mutta yleisimpänä voidaan pitää niin sanottua lautasvaihtajaa. Lautasvaihtajassa työkalut on sijoitettu kehälle kukin omaan kannattimeen. Lautasvaihtajaan mahtuu tavallisesti 8-24 työkalua valmistajasta riippuen, mutta määrää ei ole mitenkään rajattu. (KUVIO 6.)

Lautasvaihtajia voi myös koneessa olla useampi kuin yksi, ja joissakin tapauksissa ne on sijoitettu koneen sivuun. Vaihtajaan voidaan joissakin tapauksissa vaihtaa työkaluja koneen käydessä, mutta yleisesti tämä on estetty turvallisuuteen vedoten. Ainoastaan koneiden sivuun sijoitettu lisävaihtaja voisi mahdollistaan terien vaihdon lautasvaihtajaan.



KUVIO 6. Lautasvaihtaja (scmgroupp 2009.)

Lautasvaihtajasta kone käy automaattisesti hakemassa ohjelman mukaisesti määrätyn terän kuhinkin työstöön. Mahdollisimman tehokas työkalunvaihto lautasvaihtajasta on järjestettävä siten, että lautasvaihtaja kulkee koko ajan työstöpään rinnalla, ja työkalunvaihto tapahtuu ilman pitkiä siirtymisiä. 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. Vaihdon kesto on yleisesti 8 – 20 sekunnin luokkaa mitattuna kappaleen pinnantyyöstöstä uudelleen

työstöön. Terää vaihdettaessa ei tarvita nykyisin erillisiä työkaluja, vaan terä laitetaan istukoineen makasiiniin oikealle paikalleen. Useat koneet, jotka on varustettu sekä jyrnsyksiköllä että porayksiköllä mahdollistavat työkalun vaihdon samaan aikaan, kun kone suorittaa työstössä tarvittavia porauksia erillisellä porayksiköllä. Tämä on hyödyllinen etenkin työstöissä, joissa tarvitaan useampia työkaluja ja porauksia.

4.6 Istukat ja aggregaatit (kulmavaihteet)

Istukaksi kutsutaan välikappaletta, mihin terä kiinnitetään ja joka tämän jälkeen asennetaan koneen työkaluvaihtajaan, josta edelleen kone automaattisesti hakee sen karalle työstöä varten. Istukat ovat yleensä kullakin valmistajalla omat ja näin merkkikohtaiset. Istukoita on saatavilla muutamia erityyppisiä, joista yleisimpiä ovat holkki-istukka ja karaistukka. Holkki-istukka koostuu neljästä eri osasta. Vetonupista, istukasta, kartioholkista ja kiristysmutterista, jotka yhdessä muodostavat kokonaisuuden, mihin terä kiinnitetään. (KUVIO 7.)



KUVIO 7. Holkki-istukka



KUVIO 8. Karaistukka

Karaistukassa terät asennetaan ikään kuin akselille, ja akselin päähän asennetaan lukitusmutteri. (KUVIO 8.) Vastaavasti holkki-istukkaan asennettavissa terissä on itsessään varsi, joka menee kiristysholkin sisään ja lukittuu lukitusmutterin avulla. Istukka on valittava aina pyörimissuunnan mukaan, jotta lukitusmutterin kiinni pysyminen varmistetaan. Istu-

koita on myös saatavilla niin kutsutulla puristuskiinnityksellä, ja tätä kutsutaan Tribos istukaksi. Tribosissa istukan reikä on hieman kulmikas ja kun istukkaa puristetaan kolmelta sivulta varta vasten valmistetulla välineellä, muuttaa reikä muotoaan siten, että työkalu saadaan kiinnitettyä. (Schunk GmbH 2009.)

Puristuksen päätyttyä työkalun kiinnityskohta jälleen muuttuu kulmikkaaksi ja näin työkalu tarttuu erittäin lujasti kiinni. Hydroistukka on toinen tätä puristustekniikkaa käyttävä istukkatyyppi. Hydroistukassa muodostetaan korkea paine öljyn avulla työkalun kiinnitysreiän ympärille. Tämän ansiosta työkalulle saavutetaan tasainen puristus kiinnitysreiän ympärille.

Aggregaatiksi kutsutaan jysinyksikköön istukan tavoin asennettavia kulmavaihteita, jotka mahdollistavat vinon tai vaakatyöstön. (KUVIO 9.) C-akselia voidaan näin hyödyntää erinomaisesti, kun siihen liittää erilaisia aggregaatteja. Aggregaatti asennettuna C-akseliin mahdollistaa jysinnän tai porauksen kulmassa olevaan pintaa, koska sitä voidaan pyörittää 360°.

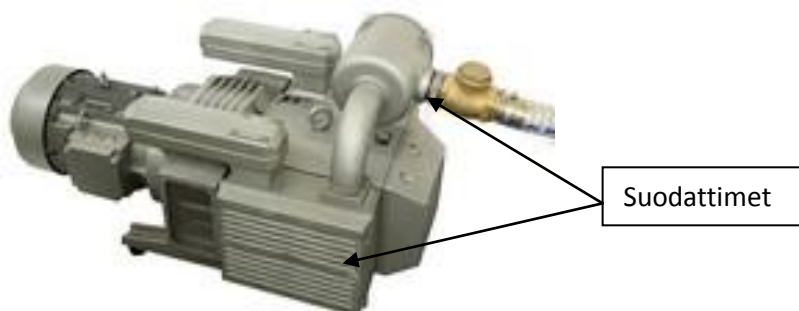


KUVIO 9. Säädetty aggregaatti (scmgroup 2009.)

Aggregaatteja löytyy sekä kiinteästi tietyssä kulmassa olevia että vapaasti säädettäviä olevia, joissa kulman kaltevuus on säädettävissä tarpeiden mukaan. Kääntyvä tai säädettävä aggregaatti puolustaa paikkaansa eteenkin työstöissä, joissa jysinnän tai porauksen täytyy tulla tiettyyn kulmaan, eikä kulmaa ei voida toteuttaa esimerkiksi terävalinnoilla.

4.7 Alipainepumppu

Alipainepumppun tarkoitus on tuottaa kappaleen kiinnitykseen tarvittava energia, jotta kappale pysyy työstettäessä kiinni. Puuntyöstössä alipaine kiinnitys on yleisin tapa kiinnittää kappale työstöä varten. Alipainepumppu imee kappaleen ja kiinnityspöydän väliin rajattua aluetta, jolloin kappale pysyy tukevasti paikoillaan työstön aikana. Alipainepumppu on varustettu vähintään yhdellä suodattimella, jottei mahdollinen pöly tai muu työstössä syntyvä jäte pääse varsinaiseen pumppuun saakka. (KUVIO 10.)



KUVIO 10. Beckerin valmistama 250m³/h alipainepumppu (Becker GmbH 2009.)

4.8 Kiinnitystiilet

Kiinnitystiilillä tarkoitetaan pöydän ja työstettävän kappaleen välissä olevia komponentteja (KUVIO 11). Näiden komponenttien tarkoitus on helpottaa kappaleen kiinnitystä ja asenteen tekoa. Kappaleen kiinnityksen avuksi voidaan myös valmistaa puusta, levystä tai muovista tarvittava komponentti. Yleensä näitä kiinnityksen helpottavia apuvälineitä kutsutaan jigii nimellä.



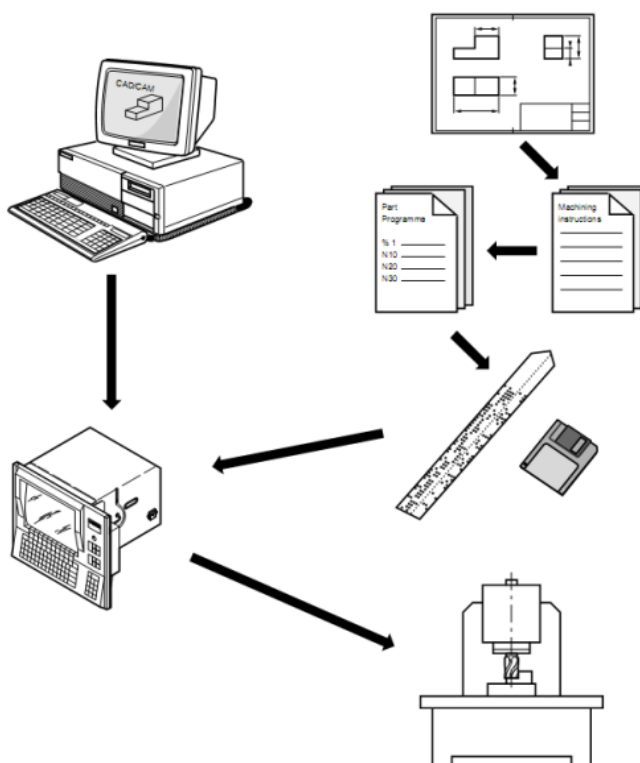
KUVIO 11. Markkinoilta löytyviä erilaisia kiinnitystiiliä (scmgroup 2009.)

5. NC – OHJELMOINTI

5.1 Ohjelmointiprosessi

Ohjelmoinnilla tarkoitetaan yleisesti sitä toimenpidettä, jossa jokin kappale tai piirustuksessa oleva kuva käännetään koneelle ymmärrettävään muotoon (KUVIO 12). CNC konetta ohjataan numeerisesti geometria ja teknologiakäskyillä, joista muodostuu koneelle koodi, jota se ymmärtää. Näin koodit kertovat koneelle mitä liikkeitä on suoritettava, jotta tarvittava kappale saadaan aikaiseksi.

Koordinaattien tiedot voidaan syöttää työstökoneelle, joko manuaalisesti ihan mittaamalla kappale tai piirustusta apuna käyttäen. Ohjelmointi on hidasta tällä tapaa, ja virhe mahdollisuus on varsin suuri. Saatujen mittatietojen siirto koneelle voidaan tehdä suoraan ilmoittamalla koordinaatit ja tarvittavat liikkeet olemassa olevilla G-koodeilla. Toinen ja nykyään paljon käytetty tapa on muodostaa tarvittava koodi tietokoneavusteisen (Computer Aided Manufacturing) CAD/CAM-ohjelman avulla.



KUVIO 12. Kaaviokuva ohjelmointiprosessin etenemisestä piirustuksesta työstöön.(NUM Program volume 1.)

5.2 Ohjelmointi manuaalisesti G - koodilla

NC - ohjelmakoodi muodostuu kansainvälisesti standardoiduista sanoista ja kirjain yhdistelmistä (ISO 840-1973, ISO 841-1974, ISO 1056-1976, ISO 1057-1973). Pienin työstökoneetta ohjaava käsky on sana, joka muodostuu yhden kirjaimen osoitteesta ja sitä seuraa vasta numerosta. Sana, kirjain ja numero yhdistelmät muodostavat yhdessä aina yhden ohjelmarivin pituisia lauseita, joiden perusteella työstökone suorittaa tarvittavat toimenpiteet. (Pikkarainen 1999.)

Kone suorittaa rivit aina numerojärjestyksessä ylhäältä alaspäin, mutta tarvittaessa rivien lukemisjärjestyttä voidaan muuttaa siten, että rivejä voidaan jättää joko välistä tai hypätä jostakin riviltä siinä määrätyle riville. Tällöin kone suorittaa hypätylle riville kirjoitetun komennon ja jatkaa siitä aivan kuin alusta aloittaen eli ylhäältä alaspäin. G - Koodilla manuaalisesti ohjelmoitaessa täytyy ohjelman laatijalla olla hallussa kulloisenkin koneen käyttämä koodisto.

Standardin mukaiset G - koodit ovat miltei jokaisella koneella samat, mutta kullakin konevalmistajalla on omia erikoistoimintoja, jotka ohjelmoijan tulisi hallita. (Liite1.) Ohjelmoijan on määriteltävä ja otettava huomioon monia eri asioita jo ohjelmaa laadittaessa. Työkalun liikeradan koordinaattien syöttämisen ohella, ohjelmoijan tulee määrittellä kulloinkin ohjelman nollapisteiden paikat. Ohjelman tekijällä tulee myös olla selvillä, miten ja missä järjestyksessä työstö tulisi suorittaa. Ennen kaikkea se, on tunnettava mikä olisi optimaalisin tapa suorittaa työstö. (Pikkarainen 1999.)

Ohjelma kirjoitetaan puhtaaksi tekstinkäsittelyohjelmalla ASCII-muotoiseksi tiedostoksi, joka siirretään työstökoneeseen siinä olevan sarjaliitännän tai muun sellaisen avulla. Manuaalinen ohjelmointi on tapana hidas ja aikaa vievä. Pitkiin, monimutkaisiin kuten 3D - pintojen tai muiden vastaavien työstöihin manuaalinen ohjelmointi on miltei mahdotonta. Manuaalinen ohjelmointi on kuitenkin yksinkertaisiin työstöihin ja sarjatuotantoon tehtyjen ohjelmien kannalta ehkä paras ja nopein. Osaava ja manuaalikoodausta ymmärtävä ohjelmoija voi näin optimoida ohjelman ottamalla siitä ylimääräiset ja turhat liikkeet pois. Tästä on eteenkin hyötyä pitkissä sarjatyöstöissä, kun sekunnit ratkaisevat. (Pikkarainen 1999,75.)

5.3 Ohjelmointi CAD/CAM – ohjelmistolla

Tietokonetuettu tuotantoliityntä voidaan määritellä sen kaltaiseksi toiminnoksi, jossa kappaleen tai tuotteen suunnittelussa luotua geometriaa, (Computer Aided Design) CAD- tietokantaa käytetään hyväksi tuotantolinjojen ohjelmoimiseksi. Tavallisesti tällainen liityntä on lastuavassa konepajassa tietokoneavusteinen NC - ohjelmointi levy-pajoissa automaattinen sijoittelu ja leikkauksen ohjelmointi sekä mahdollisesti robottien ohjelmointi silloin, kun ne tekevät työtä siten, että niiden liikkeet perustuvat tuotteen geometriaan. (Pikkarainen 1999.)

Geometriaa voidaan käyttää hyväksi myös laadunvalvonnassa ohjelmoitaessa mittalaitteita sekä laadittaessa työvaiheistuksia. Tietokoneavusteinen NC ohjelmointi on toimintaa, jossa luodaan NC – koneiden työstöratoja ja ohjataan työkalun liikkeitä kappaleen geometriaan tukeutuen. Ensimmäinen vaihe tietokoneavusteisessa NC ohjelmoinnissa on siirtää tai luoda kappaleen geometria. Geometria on kuvattu CAD järjestelmän avulla joko kaksi – tai kolmiulotteisena.

Nykyään yhä useampi järjestelmä on luotu sellaiseksi, jossa työstöradat luodaan samaan tietokantaan CAD - Mallin kanssa. Näitä järjestelmiä kutsutaan integroiduksi CAD/CAM - järjestelmäksi. Erillään oleviin NC – ohjelmointijärjestelmiin CAD - geometria täytyy aina siirtää. Tämä siirto voi tapahtua suoraan ilman minkäänlaista muunnosohjelmaa, mutta vielä varsin usein käsittelyä tarvitaan. Geometria voidaan siirtää myös erilaisten ”standardiohjelmistojen” avulla.(Pikkarainen 1999).

5.3.1 CAD/CAM – ohjelmoinnin edut

Seuraavaksi tarkastellaan tietokoneavusteisen NC ohjelmoinnin tuomia etuja. Yleisesti voidaan ajatella, että tietokoneavusteinen NC ohjelmointi tuo ohjelmointiin erinomaiset laskenta mahdollisuudet, joiden avulla työstöratoja laaditaan. Työstettävä kappale voi olla muodoltaan miltei millainen tahansa, niin tietokone hoitaa laskennan käyttäjän toimesta. Käyttäjän täytyy vain osata hallita käytettävää CAD/CAM – ohjelmaa. Tietokoneavusteisen NC – ohjelmoinnin etuja ovat ennen kaikkea vaikeille kolmiulotteisille pinnoille laadittavat työstöradat. Tietokoneavusteisesta suunnittelusta saadaan valmiiksi kappaleen geo-

metria. Näin sen avulla on varsin helppo ja nopea laatia vaikeita työstöratoja. Etuja siis syntyy eteenkin, kun on laskettavana vaikeita laskutoimituksia, joita vaativat suurta tarkkuutta ja paljon trigonometriaa. Tietokoneavusteinen ohjelmointi poistaa mahdolliset desimaalivirheet, joita manuaali tavalla laskiessa ja ohjelmoitaessa sattuisi hyvin helposti. Ihmiselle tällainen laskenta on liian hidasta, työlästä ja sitä kautta virhe mahdollisuus kasvaa. Tämä on yksi suurimmista syistä miksi tietokoneavusteista ohjelmointia käytetään.

Myös CNC työstökeskuksissa lisääntyneet akseleiden lukumäärät aiheuttavat sen, että tietokoneavusteinen ohjelmointi on miltei ainut tapa hallita konetta. Ohjelmointi on siis useimmassa tapauksessa mennyt niin monimutkaiseksi, ettei sitä ole kannattavaa tehdä manuaalisesti. Tietokoneavusteisesti laaditut ohjelmat ovat laadukkaampi siltä osin, että mahdolliset virheet voidaan havaita jo kuvaruudulla simuloituna ennen varsinaista työstöä.

Tämä edellyttää kuitenkin sitä, ettei ohjelmaan tehdä simuloinnin jälkeen muutoksia ennen varsinaista työstöä. Simuloinnin avulla voidaan myös suorittaa työstön kestoajan mittaus ja näin varsinainen koneella tapahtuva kellotus jää tarpeettomaksi. Hyvä on kuitenkin muistaa, että edellekään ei voida tietokoneavusteisesti laatia sellaisia NC-ohjelmia kuin manuaalisesti. Tietokone tekee aina ratkaisuja, jotka manuaalinen ohjelmoija tekisi toisin (Pikkarainen 1993; Pikkarainen 1999.)

5.3.2 CAD/CAM – ohjelmoinnin huonot puolet

Seuraavaksi tarkastellaan tietokoneavusteisen NC- ohjelmoinnin mahdollisia huonoja puolia. Pienille yrityksille CAD/CAM – ohjelmiston hankinta saattaa olla investointi, joka ei tuota siitä aiheutuvia kustannuksia takaisin. Ohjelmiston hankintahinta on nykyisellä hintatasolla luokkaa 5 000 – 30 000€ ja hankinnan lisäksi mukaan tulevat vielä vuosittaiset lisenssimaksut, jotka ovat sadoista aina tuhansiin euroihin.

Heikkona puolena tietokoneavusteiselle NC-ohjelmoinnille voidaan pitää sitä, että helpoil- lekin työstöille laadittujen ohjelmien nopeasti muuttaminen on hidasta. Tällaista tilannetta voidaan kuvata seuraavasti. Tilanteessa, jossa tarvitsee CAD/CAM-ohjelmistolla laadittua työstörataa muuttaa siten, että kappaleen koko muuttuu esimerkiksi vain tasolla X- tai Y-suunnassa. Tästä aiheutuu se, että ohjelmoinnissa on palattava takaisin ja piirrettävä kappale

le uudelleen, tai muokattava olemassa olevaa kuvaa. Myös työstöradat on tällöin laadittava uudelleen ja lähetettävä uusi valmis ohjelma CNC – työstökeskukselle. Tämä on hidas ja aika vievä toimenpide, eikä se silloin ole kustannustehokas. Vielä lisähaittana tähän tulee, jos koneenkäyttäjä huolehtii myös ohjelmien valmistamisesta. Tällöin uudelleen ohjelmoinnin aikana syntyy seisokkiaikaa työstökoneelle. (Pikkarainen 1993.)

Usein myös tietokoneavusteisen ohjelmoinnin ongelmana pidetään sitä, että ohjelmiston postprosessori tekee työstöratoihin turhia ja tarpeettomia liikkeitä. Tämän aiheuttaa se, että postprosessorin on otettava kaikki mahdolliset muuttuvat tekijät huomioon jo työstörataa laadittaessa. Usein nämä aiheutuvat siitä, kun postprosessori on laadittu yliturvalliseksi. Ylimääräinen liike on aina aikaa vievä ja eteenkin pitkissä työstösarjoissa tämä aika näkyy.

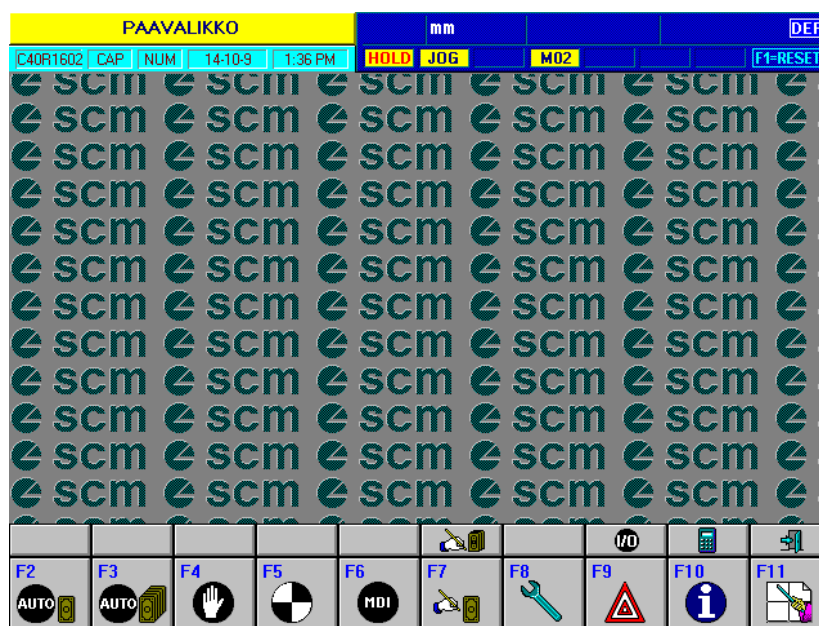
5.4 Ohjelmointi Xilog – ohjelmistolla

Miltei jokaisen nykyään markkinoilla olevan CNC–työstökoneen mukana on sen valmistajan oma ohjelmointityökalu eli ohjelma. Nykyisin CNC–työstökoneet sisältävät myös PC - tietokoneen, josta ohjelma siirretään varsinaiseen ohjainyksikköön, kun työstö aloitetaan. SCM Group on Italialainen maailman laajuinen puuntyöstökoneiden valmistaja ja heidän valmistamien CNC - työstökoneiden ohjelmana tai toimii Xilog-niminen ohjelma. (KUVIO 13.)

Uusimmissa konemalleissa tämä ohjelma on Xilog Plus-versiona. Usein jos koneen mukana toimitetaan laadukas ohjaustyökalu, saattaa tämä olla jopa parempi, kuin varta vasten ostettu CAM – ohjelma. Erityiset CAM - ohjelmat eivät aina tunne työstämiseen käytettävän koneen kaikkia ominaisuuksia. Xilog toimii tässä suhteessa koneen käyttöjärjestelmänä, josta hallinnoidaan koneella suoritettavia toimenpiteitä.

Ohjelmien valmistus on myös mahdollista Xilog:ssa, jossa liikkeitä voidaan ohjelmaan lisätä joko avustavasti perinteisellä G - koodilla tai kuvakkeiden avulla. Näin ohjelmointi on helpompaa kuin perinteinen suora manuaalinen G - koodilla ohjelmointi. Xilog:ssa on myös mahdollisuus tarkistaa syötetty työstörata ruudulta graafisena näkymänä, jossa näin virheellinen ohjelmointi voidaan havaita jo ennen varsinaista työstöä. (Drawing Interchange Format) DXF - tiedosto muodossa olevia CAD kuvia ohjelmaan myös voidaan tuoda,

jolloin työstöradat saadaan muodostettua suoraan kuvasta. Kuvien uudelleen piirtämistä Xilog-ohjelmalla ei kuitenkaan voida suorittaa, vaan ainoastaan työstöratojen luontia on mahdollista. Xilog-ohjelman paras ja sen käyttämisen kannalta hyödyllisin osa on ohjelman kyky tehdä laskutoimituksia. Tämä laskutoimitusten mahdollistaminen tekee ohjelmoinnista erittäin joustavan. Näin voidaan laatia esimerkiksi ohjelma tuotteelle, jossa muutetaan vain muutamaa ennalta määriteltyä arvoa, ja tällöin ohjelma laskee annettujen kaavojen avulla muut tarvittavat arvot koordinaateille.



KUVIO 13. Xilog ohjelman päävalikko, jossa valitaan haluttu toiminto.

Xilog toimii kuten CAM ohjelmien postprosessori, joka kääntää käyttäjän tekemän ohjelman varsinaiseen koneen ohjainyksikköön. Xilog on ohjelmoinnin lisäksi eräänlainen koneen hallitsemiseen tarkoitettu ohjelma, jonka avulla hallitaan koneessa olevia terätietoja, koneen parametritietoja ja voidaan myös liikutella koneen akseleita Manual Data Inputin (MDI) kautta. Ohjelman haittapuolena voidaan pitää sitä, että käyttökielenä toimii englanti, joka on usein ongelmallinen kokemattomalle ja uudelle käyttäjälle. Käyttökieli on kuitenkin muutettavissa joiltakin osin, mutta se vaatii perehtymistä ja tuntemusta ohjelmaa kohtaan.

6. TERIEN VALINTA

Terien valinnalla on olennaisesti vaikutusta kokonaistehokkuuteen, sillä käytettävät syöttönopeudet ja teroitukseen tarvittavat ajat ovat suoraan vaikuttavia tekijöitä koneistukseen käytettävään aikaan. Jatkuva terien teroitus lisää kustannuksia ja aseteaikoja, kun teriä täytyy asentaa ja poistaa koneesta. Terien pyörimisnopeudella on taas suora vaikutus syöttönopeuteen ja näin terien valinnalla on mahdollisuus vaikuttaa osaltaan tehokkuuteen. Mikäli syöttönopeutta halutaan kasvattaa tarkoittaa se samalla sitä, että teränleikkuunopeutta on myös kasvatettava.

Leikkuunopeutta voidaan lisätä joko suurentamalla terän halkaisijaa tai pyörimisnopeutta. Usein koneistuksen rajoittavana tekijä on terän halkaisijan suurentaminen, joka saattaa hankaloittaa työstöjä. CNC – koneissa käytettävät terät ovat siksi usein halkaisijaltaan varsin pieniä, joten kierrosnopeuksissa joudutaan käyttämään korkeita lukemia. Käytettävän terän pyörimisnopeuteen vaikuttaa seuraavat seikat: *terän halkaisija, terien leikkumäärä, lastunpaksuus, työstettävä materiaali ja työstösuunta.* (Räsänen 1984.)

Sopivaa syöttönopeutta voi lähteä hakemaan määrittelemällä toivottu aallonpituus kappaaleen pinnassa, kun ensin on määriteltävä käytettävän terän pyörimisnopeus. Pyörimisnopeus on kuitenkin määriteltävä siten, ettei se tule liian korkeaksi ja aikaan saa näin terän nopeaa tylsymistä tai pahimmassa tapauksessa palamista. Haluttua aallonpituutta tavoiteltaessa saadaan syöttönopeus laskettua seuraavalla kaavalla.

$$V_s = \frac{e * Z * n}{1000}$$

V_s = Syöttönopeus

e = Aallonpituus

Z = Terän hammaslukema

n = Kierroslukema

Käytännössä maksimi tai ohjearvoja on vaikea määritellä kullekin työstölle, mutta terien toimittajalta tai valmistajalta saa jonkinlaista ohjearvoa, joiden pohjalta käyttäjän on itse löydettävä sopivin vaihtoehto. Työstönlaatu on se joka suurimmalta osalta määrittelee so-

pivan pyörimis- ja syöttönopeuden. Sopiviin pyörimis- ja syöttönopeuksiin vaikuttaa myös kappaleen kiinnitys. Heikosti tehtyä kappaleen kiinnitystä ei voida kuitenkaan kompensoida täysin pyörimis- tai syöttönopeudella. Syntyneen leikkuujäljen pinnanlaatua voidaan siis kuvata aallonpituudella, mutta myös sen syvyydellä. Aallonsyvyyttä pidetään yleensä parempana pinnanlaadun mittana kuin sen pituutta. Aallonsyvyys voidaan määritellä seuraavalla kaavalla.

$$S = \frac{e^2}{4 * D}$$

s = Aallonsyvyys

e = Aallonpituus

D = Terän halkaisija

Syöttönopeuden lisäksi leikkuunopeudella voidaan saavuttaa joitakin etuja työstölaatuun ja ennen kaikkea terien keston. Leikkuunopeutta ei kuitenkaan tule sekoittaa syöttönopeuteen, vaan leikkuunopeus on yhden terän leikkuunopeus työstössä. Leikkuunopeus voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

$$V_L = \frac{\pi * D * n}{60}$$

v_L = Leikkuunopeus

D = Terän halkaisija

n = Kierroslukema

Oikein valitulla terätyypillä voidaan oleellisesti vaikuttaa syntyviin kustannuksiin. Yleisin edullisin ratkaisu saavutetaan, kun terä kytetään valmistamaan vakiomittaisille vaihtopaloille sopivaksi. Vaihtopaloilla varustettu terä on selkeästi järkevämpi vaihtoehto, kuin juotettu kovametalliterä, jos sitä verrataan vain teroitukseen käytettävään aikaan. Vaihtopalojen tylsyessä riittää pelkkä palojen vaihto, kun taas kovametalliterä on aina lähetettävä teroitukselle. Tämän toimenpiteen jälkeen terä on asetettava istukkaan ja mitattava uudelleen. Nämä uudelleen mitatut terätiedot on myös luonnollisesti syötettävä työstökoneelle. Vaihtopalojen vaihdon yhteydessä riittää usein, kun vain tarkistaa teränsäteen.

7. TEHOSTAMISKEINOT

7.1 Tehostamiskeinoja CNC - koneistukseen

CNC koneistusta voidaan yleisesti tehostaa usealla eri tavalla, joista suinkaan kaikki eivät vaadi ymmärrystä varsinaisesta CNC - ohjelmoinnista tai edes koneella työskentelemisestä. 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 järjevä suunnittelu.

Siisti työympäristö tehostaa työskentelyä monella tavalla. Tavaroiden ollessa järjestyksessä niiden etsimiseen kuluva aika vähenee, eikä työntekijän tarvitse kuluttaa energiaansa ylimääräiseen säätämiseen. Työturvallisuus myös paranee merkittävästi, kun työntekijä voi keskittyä rauhassa työnsä suorittamiseen.

Asiaa voi miettiä siitä näkökulmasta, että jos ainoa kunnolla koneen tunteva henkilö jää sairauslomalle satuttaessaan itsensä lattialla tai koneen ääressä lojuviin tavaroihin. Työympäristön siisteyttä voidaan parantaa varsin helposti ilman suuria investointeja. Hyvin yksinkertainen ja yleensä erittäin toimiva tapa on varata joka päivä 10-20 minuuttia työpäivä lopusta siivoukseen. Mikäli työntekijälle annetaan mahdollisuus tähän lyhyeen siivoukseen päivittäin, niin työpisteen siistinä pysyminen paranee jo merkittävästi.

Siivous ei ole välttämätön toimenpide jokaisena päivänä, jos työympäristö on muutoin järjestyksessä ja purunpoisto on kunnossa. Työstöissä syntyvät jätteet ja hukkapalat tulisi siirtää jokaisen työstön jälkeen niille varattuun paikkaan. Näin ylimääräisiä jätetasoja ei pääse syntymään, eikä työaika tarvitse jälkeinpäin käyttää niiden siirtämisiin. Koneista syntyvää melua voisi vähentää sijoittelulla tai akustiikan parantamisella.

Varsinaisesta työstöstä syntyvään meluun on vaikea vaikuttaa, mutta esimerkiksi alipainepumpun tuottama ääni on voimakas ja selkeästi melua tuottava. Lisäksi pumpun sijainti aivan koneenkäyttäjän tuntumassa on yksi ongelma, jonka voisi korjata pumpun sijaintia parantamalla tai rakentamalla sille eristetty kotelo (KUVIO 14). Samalla kun pumpun eristystä parannetaan, myös ilmassa leijuvan pölyn leviäminen vähenee. Pumpun tuot-

tama voimakas ilmavirta ja sijainti sellaisessa paikassa, jossa työstöstä syntyvä puru / lastu pääsee kulkeutumaan pumpun läheisyyteen, aiheuttavat yhdessä ilmaan nousevaa pölyä. Myös pumpun puhtaus paranee eristyksen vaikutuksesta, joka osaltaan vaikuttaa sen käyttöikään.



KUVIO 14. Becker pumppuvalmistajan suojakotelo (Becker GmbH 2009.)

Pumpun eristyksessä tulee kuitenkin ottaa huomioon sen voimakas lämmöntuotto ja myös pumpulle tehtävät huoltotoimenpiteet, jotta ne olisivat mahdollisia suorittaa. Tulisi siis varmistaa, että erityksestä huolimatta ilma pääsee riittävästi kulkeutumaan pumpulle ja sieltä pois. Lämmöntuotto kannattaa ottaa talteen aina, kun lämpöä tarvitaan. Mutta esimerkiksi kesäaikana, jolloin lisälämpöä ei tarvitse, niini tämän lämmön voisi johtaa ulkoilmaan.

7.2 Tehokkuutta ohjelmointitavoista

Ohjelmointia tehtäessä kannattaa jo alkuvaiheessa suunnitella ohjelma siten, että mahdolliset työstöt ja työkalujenvaihdot ovat optimaaliset. Työkalujen vaihtomäärä on pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä, jolloin ylimääräiset vaihdot ei kuluta aikaa. Työstöissä tulisi ottaa huomioon se, että samalla työkalulla suoritetaan kaikki sillä tehtävät työstöt, eikä työkalua tarvitse näin kierrättää useampaan otteeseen työstössä. Varsinainen työstörajojen suunnittelu ja toteutus kannattaa tehdä siten, että ylimääräisiä ja turhia liikkeitä tulisi

mahdollisimman vähän. Jokainen ylimääräinen rivi lisää aina työstöaikaa, joten vain tarvittavat liikkeet tulisi suorittaa. Terien pyörimis-, sekä syöttönopeus ja niiden kautta mahdollinen laadun kärsiminen rajoittavat kuitenkin osaltaan ohjelmien laatimisia. Ainoa ja oikea syöttö- tai pyörimisnopeutta ei voi heti joka tilanteeseen määritellä, vaan se löytyy kokemuksen kautta. Ohjelmia siis tulisi kehittää miltei kokoajan, eikä vain tyytyä ensimmäiseen toimivaan versioon, sillä mahdollisuus tehdä työstö nopeammin on hyvin usein olemassa.

Työstöohjelmaan kannattaa myös liittää huomautuksia tai ohjeita, eteenkin kun koneenkäyttäjiä on useita ja ohjelmia runsaasti. Tällöin käyttäjältä ei kulu turhaa aikaa ohjelmiin tutustumiseen. Käyttäjän on ohjeiden avulla helppo löytää tarvittava tieto, mikä täytyy ottaa huomioon käytössä. Mikäli ohjelma on laadittu epäloogisesti ja työstöt tapahtuvat satumanvaraisessa järjestyksessä, tällä on suora vaikutus esimerkiksi asetusaikeisiin.

Tämän lisäksi, jos koneenkäyttäjä tietää työstöohjelman olevan lähtökohtaisesti huono, on osaltaan tällä myös kynnys madaltaa mielenkiintoa työntehostamiseen ja eteenkin, kun kyseessä on urakkapalkkaus. Xilogilla ohjelmoidessa kannattaa ohjelmien nimiin kiinnittää huomiota ja luoda tässä tapauksessa jokaiselle tuotteelle oma kansio, josta löytyy tuotteen eri variaatiot. Näin aikaa ei mene ohjelman etsimiseen, vaan järjestys on myös koneen hakemistossa selkeä ja yksinkertainen.

7.3 Aseteenteon vaikutus tehokkuuteen

CNC koneistuksen kokonaisajasta yksi suurimpia tekijöitä on asetteiden tekeminen. Tämän työvaiheen tekemiseen ja toteuttamiseen todellakin kannattaa panostaa. Aluksi on suunniteltava huolella miten ja kuinka kappale asetellaan pöydälle työstettäväksi. Kiinnitystapa ja mahdollinen jigien käyttö on järkevää tehdä kerralla kuntoon, ettei esimerkiksi jigia tarvitse jokaisena työstökertana uusita.

Asete aikoihin ja kiinnitystapoihin tulisi kiinnittää kuitenkin huomiota jo konetta hankittaessa. Koneeseen voidaan tuolloin esimerkiksi hankkia mahdollisimman suuri työkaluvaihtaja tai automaattisesti paikoittavat imutiilet, jotka osaltaan vähentävät asetteen tekoon kuluvaa aikaa. Mikäli kone on kuitenkin jo hankittu, niin kannattaa sarjakoot pitää mahdol-

lisimman suurina ja etsiä paras mahdollinen asetteentekotapa. Mikäli yritys työstää useita erilaisia kappaleita ja sarjakoot pysyvät näin pieninä, niin asetteenteon merkitys kasvaa huomattavasti. Merkitystä voidaan esittää esimerkiksi viiden minuutin säästöllä asetteenteossa vuositasolla laskettuna. Mikäli asetetta vaihdetaan noin kymmenen kertaa päivässä ja työtunti maksaa 20€, niin säästöä voi vuositasolla kertyä jopa 4000€. Tämä säästö syntyy siis pelkällä asetteen teon nopeuttamisella ja helpottamisella. (Tekninen tiedotus 24/84.)

Tämän johdosta yrityksen kannattaa luoda järjestelmä, jossa vakiotuotteiden koneistustiedot löytyvät yhteisestä paikasta. Tietoja voidaan säilyttää tietokoneella, josta tulostetaan kulloinkin työstöön tulevan tuotteen ohjeet tai koneen lähistöllä on tietokansio, jossa koneistustiedot sijaitsevat. Koneistustiedoista tulisi ilmetä kaikki oleellinen tieto, mitä kulloinkin työstö vaatii.

Tällaisia asioita voivat olla esimerkiksi. Käytettävät terät, terien paikat koneessa, ohjelman nimi, mahdolliset jigit ja muut huomautukset. Myös jigien säilytyspaikan tulisi olla selkeä ja lisäksi se pitäisi pyrkiä sijoittamaan mahdollisimman lähellä varsinaista työstökonetta. Näin tuotteen vaihtoon ja uusien jigien etsimiseen kuluva aika voitaisiin minimoida.

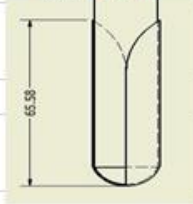
7.4 Terähuollon merkitys

Asetaikaan oleellisesti vaikuttava tekijä on terien ylläpitäminen. Terien pitäminen hyvässä järjestyksessä ja käyttökuntoisina edesauttaa aseteajan lyhentämiseen. Mikäli terien käytöstä on olemassa selkeä järjestelmä, tällöin koneenkäyttäjän aika ei kulu kulloinkin oikean terän etsimiseen. Viimein kun terä löytyy, se saattaa olla tylsä tai pahimmassa tapauksessa jopa vahingoittunut. Näiden tilanteiden välttämiseksi teristä ja niiden huolloista kannattaa luoda kirjasto tai kansio, mihin on selkeästi merkitty kaikki yrityksen käyttämät terät. Teräkirjastosta tulisi käydä ilmi kaikki olennainen tieto jokaisesta terästä.

Teräkirjaston voi kätevästi luoda vaikka Excel-Taulukkoon, jolloin samaan tietoon voidaan liittää esimerkiksi kuva terästä, mikä osaltaan on helpottamassa oikean terän löytymistä. (KUVIO 15.) Teriä koskeva kirjasto on hyvä olla, sekä paperisena, että sähköisenä versiona. Yleensä pelkkä terien numerointi ja listaaminen sähköiseen versioon eivät ole riittäviä. Paperisesta versiosta on kuitenkin hyötyä koneistajalle, jolloin tiedot voit sijaita esimerkik-

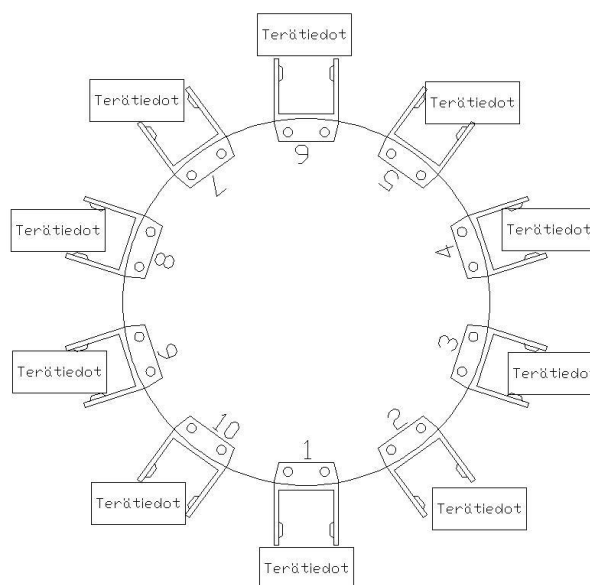
si työpisteellä tai terien huoltopisteellä. Tällöin tarvittavat tiedot ja oikeat terät löytyvät nopeasti. Sähköisestä versiosta on hyötyä, kun on tarvetta esimerkiksi tilata uusia teriä tai vaihtopaloja olemassa oleviin teriin. Asiointi on näin nopeampaa, kun tarvittavat tiedot teristä löytyy jo valmiiksi sähköisessä muodossa, eikä niitä tarvitse lähteä uudelleen luomaan. Koneessa kulloinkin paikallaan olevista teristä tulisi myös olla tieto koneistajan nähtävillä.

Terätiedot

Terän nro:	Tunnus	Terämateriaali	Syöttönopeus	RPM Max	Terä profiili
		HSS	3 - 8 m/min	18 000	
Kätisyys	Ø	Max Ø	Työstösyvyys	Työstösyvyys max	
oikea	20 mm	20 mm		65 mm	

KUVIO 15. Esimerkki Excelillä laadituista terätiedoista.

Tämän tiedon voi esittää esimerkiksi kaaviokuvalla lautasvaihtajasta, joka sijoitetaan koneen käyttöpaneelin viereen (KUVIO 16). Kuvista käy ilmi terien kaikki olennainen tieto ja myös se milloin esimerkiksi vaihtopalalla varustettuun terään on uudet palat asetettu. Myös terien käyttömäärät voisi tähän tietoon lisätä, jolloin samalla kyetään seuraamaan terien kulumista ja näin ennalta havaitsemaan milloin on terien teroituksen aika.



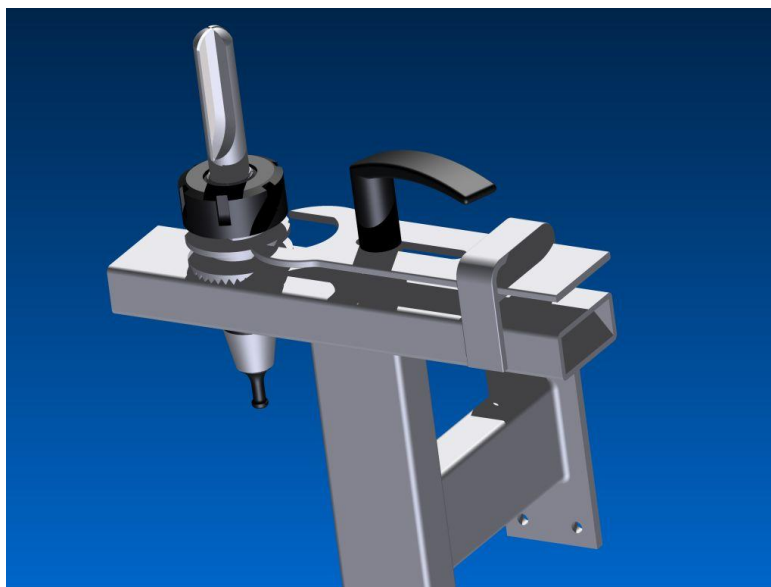
KUVIO 16. Käyttöpaneelin viereen sijoitettava piirroskuva lautasvaihtajasta, josta nähdään kulloisenkin terän tiedot.

7.5 Terien säilytys ja huoltopiste

Terien säilytys ja huoltopiste tulisi sijaita lähellä varsinaista konetta, mutta kuitenkin siten, että huoltopistettä voidaan käyttää koneen ollessa käynnissä. Näin terien säilytykseen vieminen ja vaihtaminen käyvät nopeasti, eikä niitä tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja. Terien säilytystä varten kannattaa hankkia riittävän iso kaappi, jossa ne voidaan säilyttää selkeässä järjestyksessä ja ilman kolhuja.

Terien järjestystä kaapissa kannattaa myös miettiä ja luoda siihen selkeä järjestys, jossa esimerkiksi erilaiset terätyypit sijaitsevat kukin omilla hyllyillään. Terien mukana kulkevat terätiedot voidaan kiinnittää jokaiseen terään pienellä magneetilla, jolloin koneeseen asettaessa tämän tiedon voi siirtää nähtäville (KUVIOSSA 16) olevaan kaaviokuvaan. Näin jokaisen terän tiedot kulkevat aina sen mukana, olipa se sitten kiinni koneessa tai kaapissa säilytyksessä.

Huoltopiste tulisi varustaa huoltoa ja vaihtopalojen vaihtamista varten siten, että sieltä löytyy jokaiseen terään sopivat työkalut. Näin ei tarvitse kuluttaa ylimääräistä aikaa oikean työkalun etsimiseen. Terien kiinnitys istukkaan on myös toimenpide, joka suoritetaan huoltopisteellä. Terän kiinnitysvaiheessa täytyy myös istukka saada tukevasti telineeseen kiinni, jolloin terän kiristäminen on helppoa, eikä siitä pääse aiheutumaan vaaraa terän vaurioitumiselle. Tätä varten on hyvä hankkia tai valmistaa tukeva teline, jossa terän kiinnitys on helppoa ja vaivatonta. (KUVIO 17.) Liite2.



KUVIO 17. Kuvassa esimerkki malli terän kiinnitystä helpottavasta telineestä.

LÄHTEET

Käyttö- ja huolto-ohjekirja, Record 220, SCM

Num 1997. Program manual volume1 1020/1040/1060

Pikkarainen, Eero, Laurila, Ari & Pekkola, Kari 1993. Tietokoneavusteinen NC- ohjelmointi. 2., uusittu painos. Helsinki: Painatuskeskus.

Pikkarainen, Eero 1999. NC – Tekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Räsänen, Jaakko 1984. Puualan perusoppi 6, Terästekniikka. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otava

Scandinavian Center for Maintenance Management, 1996. Käynnissäpidon johtaminen ja talous, Rajamäki: KP - tieto.

Tekninen tiedotus 24/84, Tuotannon suunnittelu 1983. Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Becker GmbH <http://www.becker-international.com> (Luettu 7.11.2009)

Biesse S.p.A. <http://www.biesse.com/> (Luettu 7.11.2009)

Lauri Ojansivu. <http://www.edu.fi/oppimateriaalit/nctekniikka/> (Luettu 7.11.2009)

Schunk GmbH & Co <http://www.schunk.com> (Luettu 7.11.2009)

SCM Group <http://www.scmgroup.com/en/> (Luettu 7.11.2009)

Inventor 2010 ohjelmisto, Autodesk

Xilog plus ohjelmisto 2008, SCM Group

Liite1.**NUM 750****Käytettävät G – Koodit**

G00 = Pikaliike
G01 = Suora lineaariliike
G02 = Kaariliike myötäpäivään
G03 = Kaariliike vastapäivään
G04 = Viive (esim. G4F5 = viive 5s.)
G40 = Sädekorjaus poisto
G41 = Sädekorjaus vasemmalle
G42 = Sädekorjaus oikealle
G52 = Koneen origo
G59 = Nollapisteen siirto
G77 = Aliohjelman suoritus (esim. G77N100N200 = Suorittaa rivit 100 - 200)
G79 = Hyppykäsky tai ehdollinen hyppy
G80 = Poraussyklin lopetus
G81 = Poraussykli
G90 = Absoluuttinen ohjelmointi
G91 = Inkrementaalinen Ohjelmointi

Käytettävät M –Koodit

M2 =Ohjelman lopetus
M3 = Karan pyörimissuunta myötäpäivään
M4 = Karan pyörimissuunta vastapäivään
M6 = Työkalunvaihto
M23 = Karan käynnistys
M110 = Puruhuuva poissa käytöstä
M111 = Puruhuuvan 1 asento
M112 = Puruhuuvan 2 asento
M113 = Puruhuuvan 3 asento
M114 = Puruhuuvan 4 asento

Muut käytettävät Koodit

% =Ohjelman numero (esim.% 100)
S = Kierrosluku
D = Terätiedot
T = Työkalu
F = Syöttönopeus
L = Muuttuja (käytössä L100-L199)
N = Rivinumero
H = Aliohjelman kutsu (esim. G77H100 = suorittaa ohjelman % 100)
EB = Automaattinen nurkan pyöristys
EB- = Automaattinen nurkan viiste
ED = Kulman kääntäminen

