

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Energiatekniikan koulutusohjelma / kunnossapito

Mika Lallukka

KONEISTUKSEN PERUSTEIDEN OPETUSMATERIAALIEN LAADINTA

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka

LALLUKKA, MIKA

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Marraskuu 2014

Avainsanat

Koneistuksen perusteiden opetusmateriaalien laadinta

90 sivua + 21 liitesivua

Lehtori Jaakko Laine

Kouluttaja Ossi Heikkilä

Aikuiskoulutuskeskus Kouvola

lastuava työstö, poraus, sorvaus, jyrsintä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa koneistuksen perusteiden teorian opetusmateriaalit Kouvolan Aikuiskoulutuskeskuksen metallialalle. Opetusmateriaalit tulevat kouluttajien ja opiskelijoiden käyttöön heidän Moodle-oppimisympäristönsä. Opetusmateriaalien tuli sisältää perusteet porauksesta, sorvauksesta, jyrsinnästä ja NC-työstöstä. Materiaaleja tullaan käyttämään teoriaopetuksessa Koneistuksen perustyöt kurssilla ja NC-työstön peruskurssilla. Opetusmateriaaleja voidaan käyttää pienien lisäyksien jälkeen myös Koneistuksen perustutkinnon opinnoissa.

Aikuiskoulutuskeskuksen työpajassa on opetuskäytössä pylväsporakone, manuaalinen jyrsinkone, manuaalinen sorvi ja NC-työstökeskus. Opetusmateriaalien sisältö suunniteltiin opettajien kanssa yhteistyössä heidän tarpeitaan kunnioittaen ja laitteisto huomioiden. Opetusmateriaalien päätavoitteena on saada opiskelijoille perustiedot eri koneistusmenetelmistä, käytettävistä konetyypeistä, työkaluista ja apuvälineistä sekä työturvallisuudesta koneistuksessa.

Tiedot opetusmateriaaleihin hankittiin koneistusalan kirjoista ja kone- ja työkaluvalmistajien materiaaleista Internetistä. Valmiit opetusmateriaalit hyväksytettiin Aikuiskoulutuskeskuksen kouluttajilla. Opetusmateriaalit siirretään opetuskäyttöä varten myöhemmin heidän käytössään olevaan Moodle-oppimisympäristöön. Opetusmateriaalien hyödyistä ja toimivuudesta ei ole vielä näyttöä, koska materiaaleja ei ole vielä käytetty opetuksessa.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

LALLUKKA, MIKA

Preparation of Teaching material for Machining Basics

Bachelor's Thesis

91 pages + 21 pages of appendices

Supervisor

Jaakko Laine, Principal Lecturer

Ossi Heikkilä, Instructor

Commissioned by

Aikuiskoulutuskeskus Kouvola

March 2014

Keywords

machine, drill, turn, mill

The objective of this Bachelor's thesis, commissioned by the Metal Department of Kouvola Adult Education Centre, to produce teaching material for the basics of machining lessons. The teaching material will be made available to teachers and students on the Moodle- system. The teaching material was to cover basic information about drilling, turning, milling and NC-machining.

The workshop of the Adult education Centre Metal Department has a drilling machine, a manual milling machine, a manual lathe and an NC- machining center. The teaching material was planned in co-operation with the teachers. The purpose of the teaching material was to provide students with basic information about machining methods, machining machines, machining tools and about in machining.

Data for the teaching material were gathered from machining books, machine and tools manufacturer catalogs and internet links. The completed teaching material was approved by the teachers of Adult Education Centre. Completed teaching material will be transferred to Moodle-system.

The material has not been tested in practice, so there is no evidence yet of the benefits and functioning of the material produced.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITTEITÄ	7
1 JOHDANTO	8
2 AIKUISKOULUTUSKESKUS KOUVOLA	8
3 KONEISTUKSEN PERUSTYÖT OPINNOT	9
4 NC-TYÖSTÖN PERUSTEIDEN OPINNOT CNC-SORVAUS	9
5 NC-TYÖSTÖN PERUSTEIDEN OPINNOT CNC-JYRSINTÄ	9
6 LASTUAVA TYÖSTÖ	10
7 PORAUS	10
7.1 Porauksen periaate	10
7.2 Porakonetyyppejä	11
7.3 Terien kiinnitys porakoneella	13
7.4 Työkappaleen kiinnitys porakoneella	13
7.5 Työstöarvot porauksessa	14
7.6 Kierukkapora	15
7.7 Muita työstömenetelmiä porakoneella	16
8 SORVAUS	19
8.1 Sorvauksen periaate	19
8.2 Sorvityyppejä	20
8.3 Kärkisorvi	20
8.4 Sorvauksessa käytettävät terät	21
8.5 Sorvauksessa käytettävät terävarret	24
8.6 Työstöarvot sorvauksessa	26
8.7 Sorvauksessa vaikuttavat lastuamisvoimat	27
8.8 Työstettävän kappaleen kiinnitys sorvilla	28
8.9 Työvaiheet sorvauksessa	32
8.10 Sorvausmenetelmiä	32

9	JYRSINTÄ	41
9.1	Jyrsinnän periaate	41
9.2	Jyrsinkonetyypit	42
9.3	Yleisjyrsinkoneet	42
9.4	Jyrsinnässä käytettävät terät	43
9.5	Jyrsinnässä käytettävät työkalut	44
9.6	Työkappaleen kiinnitys jyrsinkoneella	52
9.7	Työstöarvot jyrsinnässä	53
9.8	Jyrsinnässä vaikuttavat voimat	54
9.9	Yleisimmät työstömenetelmät jyrsinkoneella	55
10	NC-TYÖSTÖ	62
10.1	NC-työstöstä yleisesti	62
10.2	NC-koneiden toiminnot ja niiden ohjaus	62
10.3	Yleisimmät lastuavat NC-työstökoneet	63
10.4	NC-sorvi	63
10.5	NC-työstökeskukset	64
10.6	Työkalut NC-sorvilla ja työstökeskuksella	65
10.7	NC-koneiden koordinaatisto ja liikeakselit	67
10.8	NC-koneiden nollapisteet	69
10.9	NC-koneiden ohjaustyyppit	71
10.10	NC-työstökoneen käyttö	71
10.11	Työstöohjelma	74
10.12	Yleisimmät osoitteet NC-työstöohjelmassa	74
10.13	Valmiin työstöohjelman koeajo	76
11	MATERIAALIEN LASTUTTAVUUS	77
12	KORKEAAN LAATUTASOON PÄÄSYN EDELLYTYKSET LASTUTTAESSA	79
12.1	Lastun hallinta	79
12.2	Käytettävien työkalujen vaikutus laatutasoon	79
12.3	Lastuamisnesteen käytön vaikutus laatutasoon	79
12.4	Lastuamisarvot työstön aikana	80
12.5	Pinnanlaatu lastuvassa työstössä	80
12.6	Terien kuluminen työstön aikana	82

13 TYÖTURVALLISUUS LASTUAVASSA TYÖSTÖSSÄ	86
14 TYÖN SUORITUSVAIHEET	87
15 YHTEENVETO JA POHDINTA	88
LÄHTEET	89
LIITTEET	

Liite 1. Koneistajan muistio Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus

Liite 2. Työstöarvojen laskentakaavoja

Liite 3. Taulukoita Dormer

KÄSITTEITÄ

NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
CNC	Computer Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
DNC	Distributed Numerical Control, tietojen siirto työstökoneelle ilman välitävää tietovälinettä
CAD	Computer Aided Desing, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacturing, tietokone avusteinen valmistus
MDI	Manual Data Input, tietojen syöttötila, jossa tiedot voidaan syöttää käsin NC-työstökoneelle

1 JOHDANTO

Lastuava työstö eli koneistus on yksi tärkeimmistä valmistustekniikan osa-alueista. Koneistamalla voidaan valmistaa uusia, tarkkamittaisia tuotteita tai kunnostaa vanhoja koneiden- ja laitteiden osia käyttäen erilaisia työstömenetelmiä. Koneistajan tulee osata koneiden, työkalujen ja apuvälineiden käytön ja teorian perusteet hyvin suoriutuakseen koneistustöistä parhaalla mahdollisella tavalla. (2, 9-13)

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena suunnitella ja valmistaa Kouvolan Aikuiskoulutuskeskukselle, metallialalle koneistuksen perusteiden teoriaopetusmateriaalit, kattaen myös NC-työstön perusteiden opetusmateriaalit. Työn tilasi Aikuiskoulutuskeskuksen metallialan koulutuspäällikkö. Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus tarjoaa koulutusta yksityisille henkilöille ja yrityksille eri toimialoilla.

Opinnäytetyössä laaditut teoriaopetusmateriaalit tulevat täydentämään tämän hetkisiä, jo käytössä olevia opetusmateriaaleja. Laaditut materiaalit siirretään myöhemmin Moodle-oppimisympäristöön kouluttajien ja oppilaiden käytettäväksi Koneistuksen perustyöt kurssilla ja NC-työstön perusteet kurssilla. Aikuiskoulutuskeskuksella on otettu hiljattain käyttöön Moodle-oppimisympäristö, joten opetusmateriaalia on tällä hetkellä vielä vähän. Opetus tullaan myöhemmin mahdollistamaan myös etäopiskeluna.

2 AIKUISKOULUTUSKESKUS KOUVOLA

Yleisiä asioita Aikuiskoulutuskeskuksesta

Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus sijaitsee Kouvolassa Taitajantiellä. Opiskelijoita Aikuiskoulutuskeskuksella on vuosittain noin 1 500 aikuista 3–9 kuukauden pituisissa koulutuksissa ja noin 2 500 aikuista 1–2 päivän täydennyskoulutuksissa. Aikuiskoulutuskeskusta ylläpitää Kouvolan Ammatillinen Aikuiskoulutussäätiö. Oppilaitos on erikoistunut erialojen aikuiskoulutukseen. Oppilaitoksen toiminta alkoi 1970-luvun loppupuolella. Oppilaitosta pietään tällä hetkellä alueellaan johtavin ja monipuolisin aikuiskouluttaja. Aikuiskoulutuskeskukselta saa koulutuspalveluita yksityisille henkilöille ja yrityksille heidän tarpeittensa mukaisesti. Toiminta-ajatuksena aikuiskoulutuskeskuksella on olla edelläkävijä osaamisen kehittämisessä heidän asiakkaittensa menestykseksi. Aikuiskoulutuskeskuksella voi suorittaa tietoistaan, taidoistaan ja

työkokemuksestaan riippuen perustutkinnon, ammattitutkinnon tai erikoisammattitutkinnon. Tutkinnot voidaan suorittaa logistiikka-, ajoneuvo-, metalli-, liiketalous ja kauppa-, tieto ja viestintä-, puhdistuspalvelu sekä ravitsemusaloilla. (19.)

Metallialalla voi suorittaa koneistajan Kone- ja metallialanperustutkinnon, sekä Koneistajan ammattitutkinnon. Lisäksi Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus tarjoaa Kone- ja metallialankoulutusta nuorille. (5.)

3 KONEISTUKSEN PERUSTYÖT OPINNOT

Kone- ja metallialan perustutkinnon opetussuunnitelman 2011 mukaan (20.), Koneistuksen perustyöt kurssilla opetetaan koneistuksen perusteita, jotka kaikkien metallialan opiskelijoiden tulisi osata. Opintojen suorittajan tulee opintojensa jälkeen osata sekä riittävät teorian tiedot, että valmistaa tarkkuusvaatimukseltaan karkea työpiirustuksen mukainen osa. Valmistettavat työkappaleet sisältävät pinnoiltaan yksinkertaisia koneistuksia manuaalisilla työstökoneilla kuten, lieriöpinnan sorvausta, tasopintojen jyrsintää, porausta ja kierteitystä. Opiskelijan tulee osata laatia yksinkertaisia koneen osien työpiirustuksia käsin ja CAD-ohjelmalla. Työkappaleiden viimeistely ja tarkistusmittaukset kuuluvat myös osaamiseen. Opiskelijalla tulee olla myös riittävät tiedot Lastuavan työstön työturvallisuudesta.

4 NC-TYÖSTÖN PERUSTEIDEN OPINNOT CNC-SORVAUS

Kone- ja metallialan perustutkinnon opetussuunnitelman 2011 mukaan (20.), CNC-sorvauksen perusteissa annetaan opiskelijalle perustiedot CNC-sorvauksesta. Opintojen suorituksen jälkeen opiskelijan tulee osata NC-sorvauksen perusteet, yleisimmät NC-koodit, 2-akselisen NC-sorvin käyttö, tarvittavien lisälaitteiden ja työkalujen käyttö, CAD/CAM ohjelmoinnin käyttö, syöttää NC-Ohjelma työstökoneelle ja koneistaa monimuotoinen työkappale laaditulla työstöohjelmalla.

5 NC-TYÖSTÖN PERUSTEIDEN OPINNOT CNC-JYRSINTÄ

Kone- ja metallialan perustutkinnon opetussuunnitelman 2011 mukaan (20.), CNC-jyrsinnän perusteissa annetaan opiskelijalle perustiedot CNC-jyrsinnästä. Opintojen suorituksen jälkeen opiskelijan tulee osata CNC-jyrsinnän perusteet, yleisimmät NC-koodit, käyttää 3-akselista tai moniakselista NC-työstökeskusta, käyttää tarvittavia li-

sälaitteita ja työkaluja, CAD/CAM ohjelmoinnin käyttö, syöttää NC-Ohjelma työstökoneelle ja koneistaa monimuotoinen työkappale laaditulla työstöohjelmalla.

6 LASTUAVA TYÖSTÖ

Erilaisilla lastuavilla työstömenetelmillä eli koneistamalla voidaan valmistaa monenlaisia työkappaleita. Lastuamalla voidaan valmistaa erilaisia koneita ja työvälineitä hyväksikäyttäen halutun muotoinen työkappale poistamalla siitä haluttu määrä ainesta lastujen muodossa. Lastuaminen voidaan suorittaa kahdella eri tavalla, joko käyttäen työvälineinä erityyppisiä teriä tai hiomarakeita. (2, 9-12.)

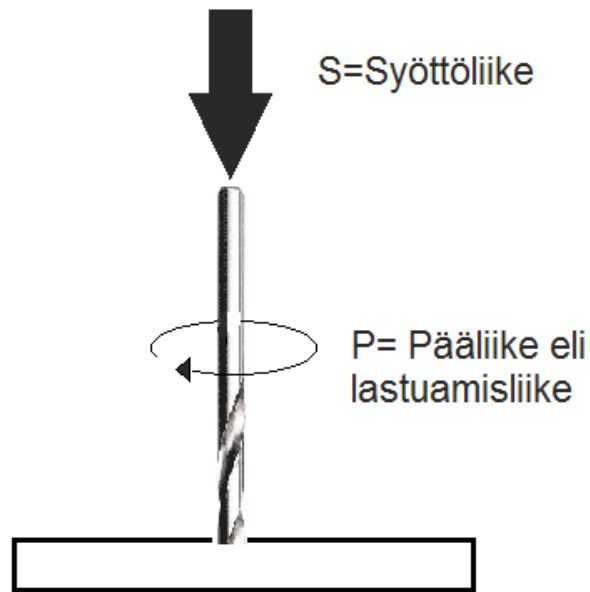
Keskeisimmät koneistusmenetelmät lastuavassa työstössä ovat sahaus, sorvaus, poraus, kierteitys, jyrshintä, NC- työstö, hionta ja aventaminen. Lastuavilla työstömenetelmillä valmistetaan muodoiltaan ja toleransseiltaan erilaisia koneiden- ja laitteiden osia, kuten akseleita, laippoja, hammaspyöriä, teloja ja kiinnityslevyjä. (2, 12–13.)

Koneistajan tulee osata hyvin perustiedot ja taidot käytettävistä koneista, apulaitteista, työkaluista, materiaaleista, kiinnitysmenetelmistä, työstömenetelmistä ja lastuamisarvoista, sillä ne ovat perustana hyvään ja tarkkaan lopputulokseen lastuavassa työstössä. (2, 7–41.)

7 PORAUUS

7.1 Porauksen periaate

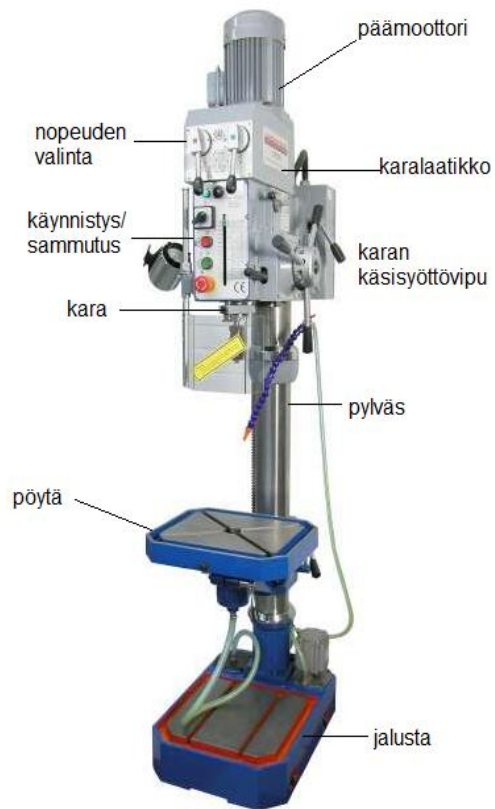
Poraus on yksi tärkeistä lastuavista työstömenetelmistä. Porauksessa yleisin käytetty työväline on lieriö- tai kartiovartinen kierukkapora, joka kiinnitetään porakoneen karralle. Työkappale kiinnitetään poratessa koneen pöytään tai muuhun kiinnitysvälineeseen. Poran pyöriessä ja syöttöliikkeen painaessa poranterää työkappaleeseen päin, muodostuu näiden liikkeiden yhteisvaikutuksesta pyöreä reikä. Poraukseen liitettäviä muita työstömenetelmiä ovat kierteitys, väljennys, kalvinta ja upottaminen. Alla on esitettyä porauksen periaate. (3, 65.)



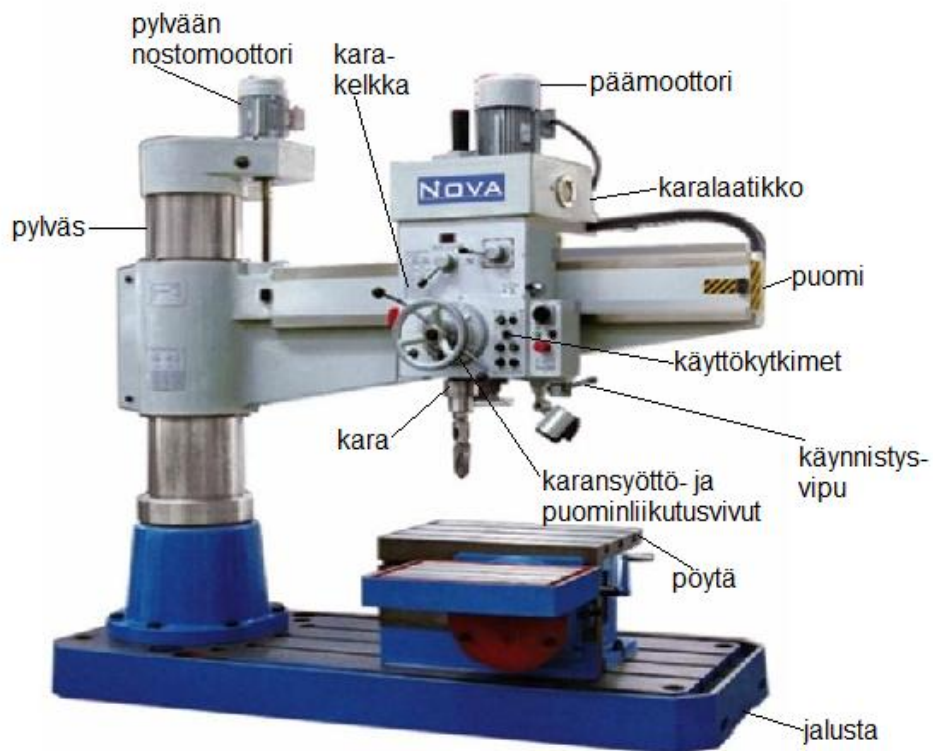
Kuva 1. Porauksen periaate (2, 43)

7.2 Porakonetyyppejä

Yleisimpiä konepajoissa käytettyjä porakonetyyppejä ovat käsiporakoneet, penkkiporakoneet, magneettiporakoneet, pylväsporakoneet ja säteisporakoneet. Myös muita erikoisempia porakonetyyppejä käytetään poraustöissä, kuten sarjaporakoneita, monikaraporakoneita, putkiporakoneita, revolveriporakoneita, ohjainporakoneita ja NC-porakoneita. (2, 43.) Alla esitetyissä kuvissa ovat pylväsporakone ja säteisporakone sekä niiden pääosat.



Kuva 2. Pylväsporakone ja sen pääosat Woodtec 1.1 kW XV006 (22)



Kuva 3. Säteisporakone ja sen pääosat NOVA 50x16 (21)

7.3 Terien kiinnitys porakoneella

Terät ja muut porauksessa käytettävät työkalut kiinnitetään käsiporakoneessa poraistukkaan. Isommilla porakoneilla, kuten pylväs- ja säteisporakoneella terät kiinnitetään joko suoraan tai vähennys- tai suurennusholkeilla morsekartiostaan pääkaralle, pääkaralle kiinnitettyyn istukkaan tai pääkaralle kiinnitettyyn pikavaihtoistukkaan (pikakiinnitin). (2, 51–52.) Alla olevissa kuvissa on esitettyä yleisimmät työkalun kiinnitysvälineet.



Kuva 4. Yleisimpiä työkalujen kiinnitysvälineitä Vertex (23)

7.4 Työkappaleen kiinnitys porakoneella

Työstettävä työkappale kiinnitetään pylväs- ja säteisporakoneilla joko jalustaan, pöytään, erilaisiin koneruuvipuristimiin, jakolaitteisiin tai sarjaporausohjaimiin ja mallineisiin. Kiinnittämisessä tulee olla erityisen huolellinen sillä työstettäessä työkappaleeseen aiheutuu voimia, jotka saattavat irrottaa työkappaleen. (2, 53–55.)

Työpöytään ja jalustaan kiinnitys

Työpöytään tai jalustaan kiinnitettäessä käytetään apuna erilaisia kiinnittimiä, erilaisia kiinnitysruuveja ja kiinnittimien ja työkappaleiden aluspaloja. Kiinnitys tapahtuu pöydässä tai jalustassa oleviin T-urisiin. T-urisiin on saatavilla T-uramutterit joihin kiinnitys-

ruuvit kiinnitetään. Työkappale kiristetään kiinnittimillä sopivalla tiukkuudella pöytää tai jalustaa vasten. Kiinnitettäessä tulee huomioida, että työkappale on suorassa sekä estää taipuminen kiristyksessä. Kiinnittimien asento tulee aina huomioida niin, että kiinnitin painaa työkappaletta eikä kiinnittimen aluspalaa. Työkappaleen alla käytetään muodosta riippuen erilaisia aluspaloja suoruuden varmistamiseksi. (2, 53.)

Koneruuvipuristimeen kiinnitys

Koneruuvipuristin on nopea ja helppokäyttöinen pienempien työkappaleiden kiinnittämiseen. Suuremmilla koneilla voidaan asettaa useampia koneruuvipuristimia rinnakkain, joka mahdollistaa myös suurempien työkappaleiden kiinnityksen. Koneruuvipuristin kiinnitetään työpöydän T-uriin kiinnittimillä tai kiinnitysruuveilla. Työkappaleen kiinnityksessä voidaan käyttää erilaisia kiinnitysleukoja, jotka mahdollistavat erimuotoisten työkappaleiden kiinnityksen. (2, 86–87.)

Jakolaitteeseen kiinnitys

Jakolaitteita käytetään porakoneella erilaisten reikäjakojen poraukseen. Jakolaitte kiinnitetään porakoneen pöydän T-uriin. Työkappale voidaan jakolaitteen mallista riippuen kiinnittää, joko istukkaan tai kiinnittimillä jakolaitteen T-uriin. (2, 201.)

7.5 Työstöarvot porauksessa

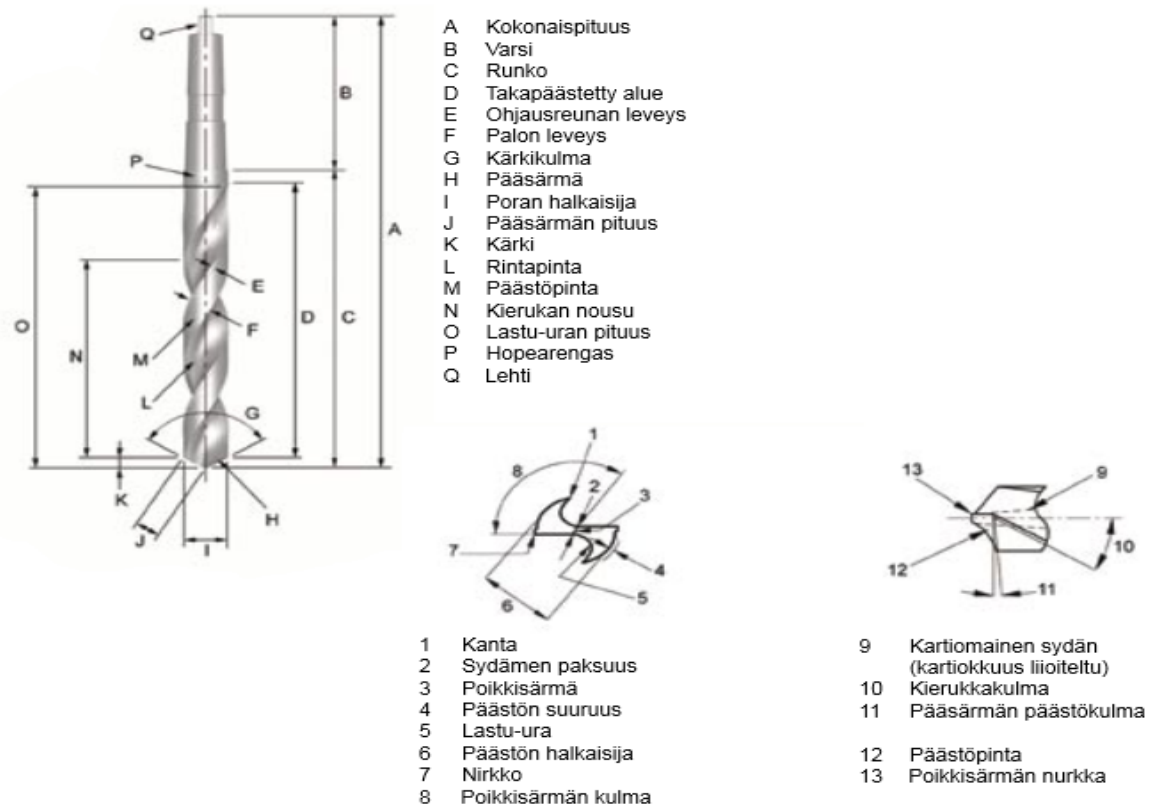
Oikeiden työstöarvojen käyttö porattaessa porakoneella on erittäin tärkeää työskenteilyn tehokkuuden, terien kestävyys ja kustannustehokkuuden kannalta. Työstöarvot voidaan määrittää laskemalla tai nomogrammeista. Porauksen työstöarvoille on myös määritetty valmistajien toimesta taulukoita joista voidaan valita työkalulle sopiva lastuamisnopeus [m/min], syöttönopeus [mm/r] ja pyörimisnopeus [1/min]. (2, 14–17.)

Poratessa, kalvittaessa, väljennettäessä tai kierteittäessä valitaan pyörimisnopeus aina käytettävän työkalun mukaan. Pyörimisnopeudella [1/min] tarkoitetaan terän pyörimisnopeutta minuutin aikana. Syöttönopeudella [mm/r] tarkoitetaan poranterän kulkemaa matkaa kierroksen aikana. Lastuamisnopeus [m/min] on terän leikkusärmän kulkema matka minuutissa. Lastuamisnopeus määritetään taulukoista työstettävän materiaalin mukaan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että lastuamisnopeus on väljennyksessä ja upotuksessa 1/2, kalvinnassa 1/3 ja kierteityksessä 1/4 poraamisessa käytetys-

tä lastuamisnopeudesta. (2, 58.) Yleisimmät porauksessa käytettävät laskentakaavat selviät liitteestä 2.

7.6 Kierukkapora

Pikateräksestä valmistettu kierukkapora on yleisin työkalutyyppejä, jota käytetään porauksessa. Kierukkaporan nimitys tulee sen kierteenmuotoisista lastu-urien mukaan, joita terässä on kaksi. Poran teroitettu kärkiosa saa aikaan lastuamisen, kun poraa syötetään työkappaleeseen. Kierukkaporat voidaan jakaa kiinnitystyyppien mukaan kahteen ryhmään kartio- ja lieriövartisiin kierukkaporiin. (2, 48–49.) Porien valmistusmateriaalit kehittyvät kokoajan. Pikateräkseen sekoitetuilla seoksilla voidaan parantaa terien työstöominaisuuksia jotka puolestaan lisäävät porien tuottavuutta. Poria voidaan myös pinnoittaa ja käsitellä erilaisilla pinnoitusaineilla ja menetelmillä niiden työstöominaisuuksien parantamiseksi. (8, 13–16.) Porien teroitus tapahtuu, joko käsin vapaasti, hiomakoneeseen kiinnitetyn tuen avulla tai erilaisilla poranteroituskoneilla. Porat tulee aina teroittaa geometrisesti oikein ja huolellisesti. Oikea teroitus takaa tehokkaan ja tarkan poraustuloksen. Teroitettaessa poria tulee huomioida kärkikulma, päästökulma, poikki- ja pääsärmä, rintakulma ja kierukkakulma. (2, 48–49.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä kierukkapora ja sen pääosat.



Kuva 5. Kierukkipora ja sen pääosat (8)

7.7 Muita työstömenetelmiä porakoneella

Kierteitys

Läpi- ja pohjareikien kierteitys on yleisimpiä työstömenetelmiä porakoneella. Kierteittäessä käsin tai porakoneella työkaluna on tavallisimmin konekierretappi. Erikokoiset ja erilaisilla kierteiden nousuilla varustetut standardoidut kierretapit valitaan kierteitettävän materiaalin, kierteen nousun, reiän tyypin ja työltä vaaditun tarkkuuden mukaan. Kierteet tehdään aina standardien mukaisiin reikiin, joiden kokotaulukoita saa tappien valmistajilta. Kierretappi kiinnitetään porakoneella kierteitysistukkaan tai käsin kierteittäessä kierrevääntimeen. Kierteitysistukka kiinnitetään porakoneen karalle morsekartion avulla. Kierteitysistukat ovat malliltaan joko uivia tai momentti-istukoita. (2, 61.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä erilaisia kierteitystyökaluja.



Kuva 6. Kierteitystyökaluja SPV (14)

Väljennys

Väljennyksellä ja porauksella menetelminä ei ole eroina kuin työkalun malli. Väljennyksiä tehdään esityöstettyyn valmiiseen reikään porakoneella käsin syöttämällä tai konesyötöllä. Väljennystä voidaan käyttää kalvimista edeltävänä työvaiheena tai jos työkalulla saavutettu toleranssialue, joka on yleisimmin h8, vastaa haluttua reiän kokoa. Väljennin on suunniteltu ja mitoitettu niin, että se suurentaa poratun reiän kalvimiselle sopivaan kokoon. Valmistusmateriaaleina työkaluissa käytetään yleisimmin pikaterästä sekä pinnoitettua ja seostettua pikaterästä. Väljentimet voidaan porakoneella kiinnittää lieriön tai kartion avulla karalle. (2, 62.)

Kalvinta

Kalvinta voidaan tehdä, joko koneellisesti tai käsin syöttämällä työkalua työvaralla olevaan porattuun tai väljennettyyn reikään. Kalvinnalla saadaan työstettyä erikokoisia mittatarkkoja toleranssi reikiä, joiden pinnanlaatu saavutetaan työstössä erinomaisesti. Työkaluja saa erilaisilla toleranssialueilla, joista yleisin käytetty toleranssialue on H7. Kalvin lastuaa pieninä lastuina reiän oikeaan kokoonsa sen kärjen leikkuuosalla, jota ohjaa reiässä työkalun lieriöosa. Kalvimia on saatavana kiinteinä konekalvimina, käsikalvimina, aseteltavina kalvimina eli säädettävänä ja irtokalvimina. Irtokalvimissa leikkuupää ja varsi ovat erikseen kiinnitetty toisiinsa. Kalvimet voidaan malista riippuen kiinnittää porakoneella karalle lieriön tai kartion avulla. Käsikalvimet kiinnitetään kierrevääntimen tapaiseen pitimeen. Valmistusmateriaaleina kalvimissa käytetään yleensä pikaterästä, myös pinnoitetut pikateräskalvimet tai kovametalli teril-

lä varustetut kalvimet ovat yleisiä. (2, 63.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä erilaisia väljentimiä ja kalvimia.



Kuva 7. Väljentimiä ja kalvimia BECK (14)

Upottaminen

Upottaminen on reiän tai reiänsuun työstämistä haluttuun muotoon tietyn muotoisella upotustyökalulla. Yleisimpiä upotustyökaluja ovat kartiupotin eli kärkiupotin, lieriöupotin, tasoupotin ja altatasaaaja. Valmistusmateriaaleina upotustyökaluissa on yleensä pikateräs ja pinnoitettu pikateräs. Myös kovametallisilla kääntöterillä varustettuja upotustyökaluja valmistetaan nykyään. Upottimet voidaan kiinnittää työstökoneella sen mallista ja koosta riippuen sen varren lieriön tai kartion avulla. Syöttö työstön aikana tapahtuu koneellisesti tai käsin. Upottaminen voidaan tehdä kolmella eri työstömenetelmällä, joita ovat kartiupotus, lieriöupottaminen ja tasaus. Kartiupotusmenetelmää käytetään, kun valmistetaan reikiin viisteitä, poistetaan reiänsuusta poratessa muodostunutta raatia tai tehdään upotuksia erikokoisille oppokantaruuveille. Lieriöupottamisella voidaan valmistaa pidempiä suorapohjaisia upotuksia. Tasauksella voidaan suoristaa poratun reiän pohja ylä- tai alapuolelta. Upottamista voidaan tehdä porakoneen lisäksi jyrsinkoneilla, sorveilla, avarruskoneilla ja erilaisilla käsiporakoneilla. Alla olevassa kuvassa on esitettyä erilaisia upotustyökaluja. (2, 59–60)

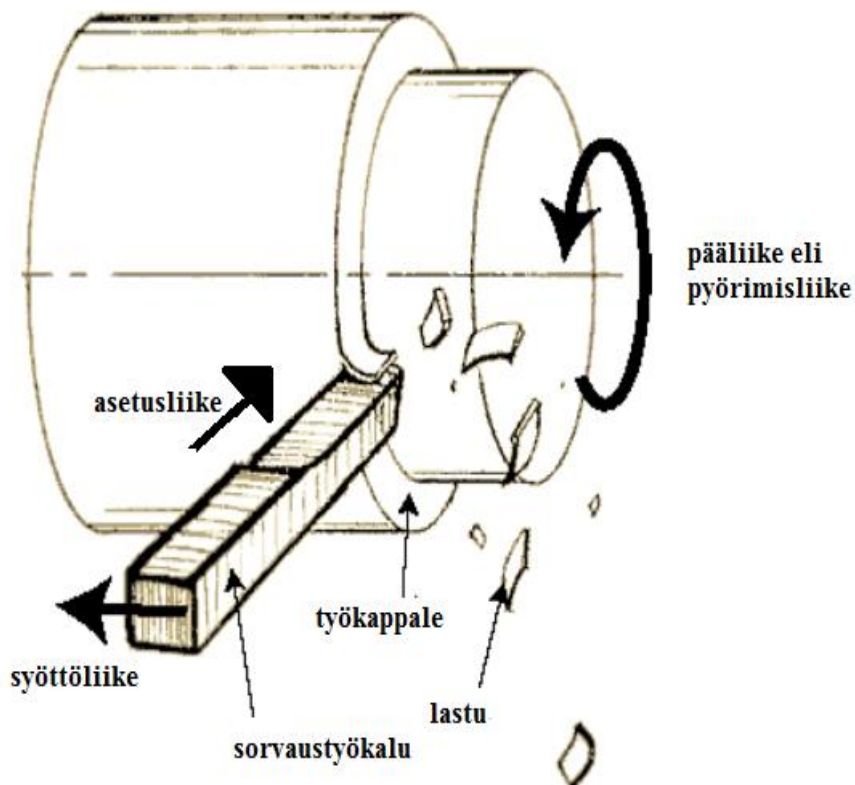


Kuva 8. Erilaisia upotustyökaluja(14.)

8 SORVAUS

8.1 Sorvauksen periaate

Sorvissa työkappale kiinnitetään pääkaralle kiinnitettyyn kiinnitysvälineeseen ja terä teränpitimeen. Yleisimmin sorvaamalla valmistetaan työkappaleita, joissa on koko pituudeltaan ympyrän muotoinen poikkileikkaus. Myös erimuotoisia työkappaleita voidaan sorvata käyttämällä kiinnityksessä erityisiä apuvälineitä. Sorvissa lastut irrote-
taan akselinsa ympäri pyörivästä työkappaleesta erilaisia teriä ja työstömenetelmiä apuna käyttäen. Kappaleen pyörimisliike eli pääliike ja terän liike eli syöttöliike aiheuttavat lastun irtoamiseen tarvittavan voiman. Terän asetusliikkeellä määrätään terän leikkusuvyvyys uuden ja edellisen sorvattavan työpinnan välillä. Työvaiheet sorvauksessa ovat rouhinta, puolikarkea koneistus ja viimeistely. (2, 96–131.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä sorvauksen periaate.



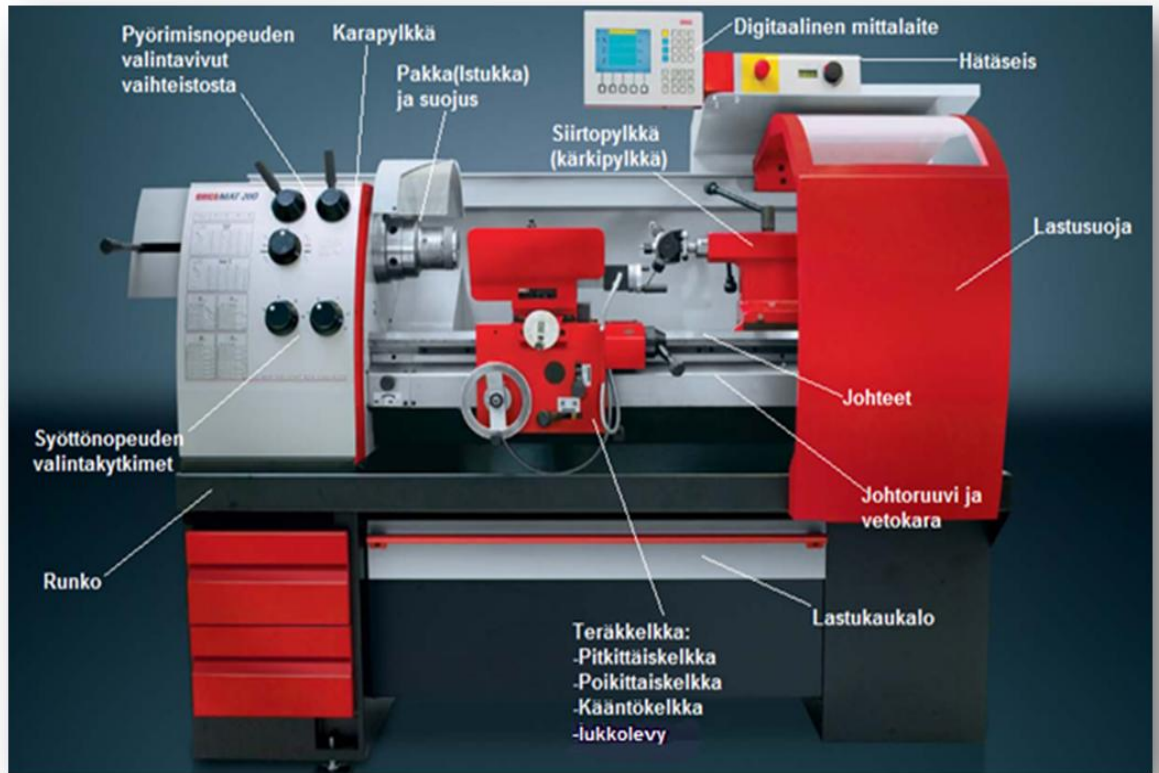
Kuva 9. Sorvauksen periaate (15)

8.2 Sorvityyppejä

Sorvityypit ja niiden koot vaihtelevat erilaisten käyttötarkoitusten mukaan. Yleisimpiä käytettyjä sorveja ovat kärkisorvit. Myös seuraavia sorveja käytetään, kuten taso- ja pitkäsorveja, karusellisorveja, revolverisorveja, puoliautomaattisorveja, NC-sorveja ja erikoissorveja, jotka ovat valmistettu erityisille työstömenetelmille. (2, 96.)

8.3 Kärkisorvi

Kärkisorvit soveltuvat parhaiten konepajan päivittäiseen käyttöön. Suuremmat koneet ovat kiinteästi asennettuja koneelle valettuun petiin ja pienemmät koneet voidaan asentaa kumivaimenteisten tallojen päälle suoraan lattialle. Koneet tulee aina asentaa ja vaakittaa tarkasti suoraan. Kärkisorvin osia ovat runko, käyttömoottori, jolta saadaan voima karalle ja vaihteistolle, vaihteisto pyörimisnopeuksille, vaihteisto syöttönopeuksille, teräkelkka, siirtopylkkä, mittalaitteet, lastuamismestepumppu oheislaitteen ja suojavälineet. Mitoituksen kannalta kärkisorvissa tärkeimpinä mittoina voidaan pitää kärkiväliä ja kärkikorkeutta, sillä ne määräävät työstettävän kappaleen suurimman mahdollisen koon. (2, 97–100) Alla esitetyssä kuvassa on kärkisorvi ja sen osia.

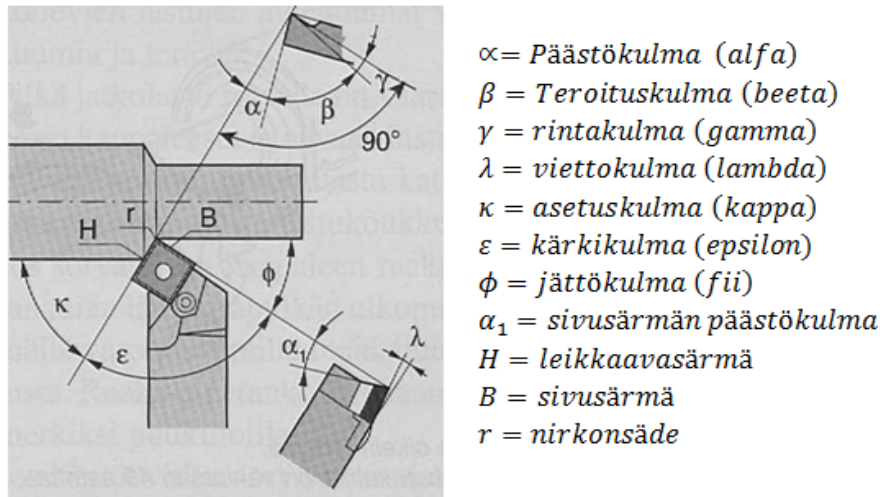


Kuva 10. Kärkisorvi ja sen osat EMCO MAT 20D (10)

8.4 Sorvauksessa käytettävät terät

Teräkulmat

Terät hiotaan tai ne ovat valmistettu valamalla johonkin tiettyyn geometriseen muotoon. Työstön aikana nämä terän muodot vaikuttavat erityisesti sen lastuamisominaisuuksiin. Tärkeimpinä huomioitavina ja vaikuttavina teräkulmina sorvin terissä voidaan pitää seuraavia kulmia, kuten rintakulmaa, päästökulmaa, teroituskulmaa, asetuskulmaa, jättökulmaa, kärkikulmaa ja nirkonsädettä. Teräkulmat määritellään sivu- ja tasopinnasta tarkasteltuna terän eri pintojen välisinä kulmina sekä terän ja työkalupaleen välisinä kulmina. (2, 102–103.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä sorvinterän teräkulmat.



Kuva 11. Sorvinterän teräkulmat (2)

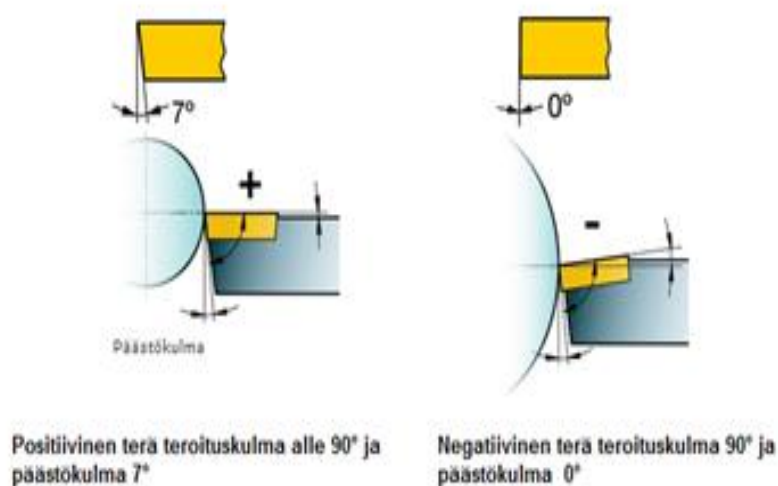
Käytettävät terämateriaalit

Sorvauksessa käytettäviä terämateriaaleja ovat hiiliteräs eli työkaluteräs, pikateräs, stelliitit eli valetut leikkuumetallit, kovametalliset kääntöteräpalat, keraamit ja timantti. (1, 38–41.) Yleisimmin nykyään näistä edellä mainituista terämateriaaleista käytetään kovametallisia teräpaloja, joissa käytetään erilaisia seoksia ja pinnoitteita parantamaan niiden työstöominaisuuksia ja kestävyyttä, kun koneistetaan erilaisilla menetelmillä erilaisia materiaaleja. (2, 104–105.)

Terän valinta

Sorvauksen täydellisen onnistumisen lähtökohtana voidaan pitää hyvää lastunhallintaa. Lastuaminen ja hyvä lastunhallinta koko lastuamisprosessin aikana saadaan onnistumaan parhaalla mahdollisella tavalla valitsemalla terän koko, muoto, geometria ja nirkonsäde aina oikein. Terän hyvä lujuus ja taloudellisuus saavutetaan, kun valitaan aina työstömenetelmään suurin käytettäväksi soveltuva kärkikulma. Terän muoto ja sen asetukset vaikuttavat erityisesti lastun irtoamiseen ja lastun muotoon, johon vaikuttavat myös huomattavasti työstettävä materiaali ja käytettävät työstöarvot. Terien muoto tulisi aina valita niin, että terien asetuskulma sekä ulottuvuus olisivat sopivimmat kyseiseen käytettävään työstömenetelmään ja kuhunkin työvaiheeseen. Meneillään oleva työstövaihe, käytettävä syöttönopeus ja haluttu pinnanlaatu vaikuttavat aina terän nirkonsäteen valintaan. (24.)

Kovametallisia teräpaloja tarkasteltaessa ne ovat, joko negatiivisia, joissa teroituskulma on 90° ja päästökulma 0° tai positiivisia, joissa teroituskulma on alle 90° ja päästökulma on 7° . Ensimmäisessä sorvatessa tulisi käyttää ja valita negatiivinen terä ulkosorvaukseen ja positiivinen terä sisäsorvaukseen. Teräsärmien lukumäärään vaikuttaa aina valittu terätyyppi. Terät ovat, joko yksipuolisia tai kaksipuolisia. Negatiivisten ja positiivisten terien eroina on negatiivisen terän kaksinkertainen särmien lukumäärä, johtuen terien erilaisesta geometriasta. Terävarren teräsijan asento vaikuttaa myös oleellisesti terän valintaan, asentoon, päästö- ja teroituskulmiin ja käyttömahdollisuuksiin. (7, 13–15.) Alla olevassa kuvassa on esitetty positiivinen ja negatiivinen terä.



Kuva 12. Positiivinen ja negatiivinen terä (7, 13)

Terien kuluminen

Sorvinterät kulumat ja tylsyvät aina työstön aikana terän ja työkappaleen hankauksesta toisiaan vasten ja muista ulkoisista tekijöistä johtuen. Tylsymistä ei voida estää kokonaan, mutta hidastaa sitä voidaan. Tylsän terän pitkäaikainen käyttö aiheuttaa yleensä lopullisen terän murtumisen käyttökelvottomaksi. Myös työstöominaisuudet ja pinnanlaadun saavuttaminen vaikeutuu. Yleisimmät kulumismuodot terissä ovat viistekuluminen, lovikuluminen, kuoppakuluminen, plastinen muodonmuutos, irtosärmän muodostuminen, lastuhakkaumat, reunamurtumat, lämpöhalkeamat, terärikko ja liuskemurtumat. Kulumistyyppit on esitetty tarkemmin kappaleessa 12. (2, 104–110.)

8.5 Sorvauksessa käytettävät terävarret

Terien kiinnitys

Terät tulee kiinnittää aina huolellisesti ja oikein, sillä niihin kohdistuu työstön aikana paljon voimia. Käytettävät terävarret kiinnitetään yleensä sorvilla suoraan, joko neliteränpitimeen tai pikavaihtopitimeen kiinnitysruuvien avulla, mutta työstä riippuen voidaan joutua käyttämään erikoisiakin kiinnityksiä. Ulkoterät kiinnitetään poikittais-suunnassa ja sisäterät pitkittäissuunnassa. Sorvin terät asetetaan yleisimmin sorvissa tarkasti keskiön korkeudelle. Myös keskiön yläpuolista asetusta voidaan käyttää sorvauksessa, mikäli työstömenetelmä tai muu vaikuttava syy sen vaatii. Terät tulisi olla aina asetettuna syöttöliikettä vastaan kohtisuorassa. Työkappaleen hankalan muoto, terän ulottuvuus tai muu työstöä vaikeuttava asia voi aiheuttaa sen, että teränpidintä joudutaan kääntämään kuitenkin johonkin haluttuun kulmaan. (2, 111–116.) Alla olevassa kuvassa on esitetty sorvinterän kiinnitysmenetelmiä.



Pikavaihtoteränpidin

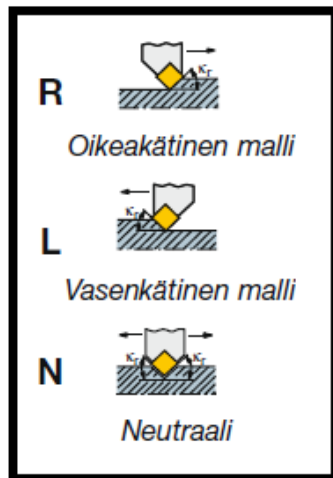
Neliteränpidin

Kuva 13. Sorvinterän kiinnitysmenetelmiä (10)

Terävarren valinta

Terävarsia valmistetaan kolmenlaisina malleina, joita ovat neutraali, - oikea- ja vasenkätinen malli. Valinta terävarrelle tehdään käytettävän menetelmän ja meneillään olevan työvaiheen mukaisesti. Oikeakätistä terävarrtta käytetään yleisimmin sorvauksessa, koska yleensä sorvataan oikealta vasemmalle. Neutraalilla terällä voidaan sorvata kumpaan suuntaan tahansa. Neutraali terä sopii rouhintaan ja työstöön missä ei sorvata olakkeita. Vasenkätistä terää käytetään sorvatessa oikealta vasemmalle. Vasenkätistä

terää käytetään useasti, kun sorvataan muotoja molempiin suuntiin yhdellä kiinnityksellä. (2, 110.) Alla olevassa kuvassa on esitetty terien kätisyydet.



Kuva 14. Terien kätisyys (9, 15)

Kovametallisen kääntöterän terävarsi

Kovametallisten kääntöterien terävarsi on yleisin nykyään käytetty terävarsimalli. Jokaiselle markkinoilta löytyvälle teräpalan muodolle on saatavana standardoitu terävarsi. Erilaiset teräpalojen kiinnitykset eli terien sijat sopivat standardoinnista johtuen myös erivalmistajien teräpaloille. Teräpalojen alla käytetään nykyään aluspalaa, joka on teräpala pienempi. Kiinnitysmekanismeja terille on monenlaisia, joita ovat esimerkiksi ruuvikiinnitys, kynsikiinnitys, epäkeskokiinnitys. Teräpaloja kiinnitettäessä tulee erityisesti huomioida teräsijan ja aluspalan kunto. Ulkopuolisissa terissä varren muotona käytetään yleensä neliötä tai suorakulmiota. Sisäterissä varrenmuoto on yleensä pyöreä, myös muita muotoja käytetään. Varsien muoto ja malli riippuvat aina valmistajasta. Katkaisu ja pistoterissä on erillinen varsi johon terälehti kiinnitetään. Erilaisille uraterille on myös omat vartensa. (2, 110) Terävarret ja terät joutuvat alttiiksi koneistettaessa suurille voimille ja rasitukselle, joten niitä tulee myös huoltaa riittävästi ja uusia tarvittaessa virheettömän työn jäljen takaamiseksi. (24.)

Pikaterästerien terävarret

Erimuotoisille pikaterästeräihioille on saatavilla monenlaisia terävarsia eri käyttötarkoituksiin. Pikaterästerät teroitetaan oikeaan muotoonsa hiomalla kullekin työvälineelle sopivaksi. Terävarsia valmistetaan neliönmuotoisille ja lehtimäisille teräi-

hioille. Pikaterästerille, joita käytetään kierteitykseen, on olemassa myös omat terävarret. Alla olevassa kuvassa on esitetty erilaisia terävarsia. (2, 110.)



Kuva 15. Erilaisia terävarsia (23)

8.6 Työstöarvot sorvauksessa

Työstöarvot voidaan sorvatessa määrittää laskennallisesti tai käyttää nomogrammeja apuna. Pyörimisnopeus sorvatessa valitaan aina työkappaleen halkaisijan mukaan. Sorvin pyörimisnopeus tarkoittaa pääkaran pyörimisnopeutta akselinsa ympäri [1/min]. Pyörimisnopeutta määritettäessä tulee erityisesti huomioida työkappaleen kiinnityksen tukevuus, terän ja sen kiinnityksen tukevuus, työkappaleen halkaisija ja käytettävä lastuamisnopeus. Lastuamisnopeudella tarkoitetaan akselinsa ympäri pyörivän kappaleen kehänopeutta teräsärmän kohdalla [m/min]. Lastuamisnopeutta määritettäessä ja valittaessa on huomioitava erityisesti materiaali, jota työstetään, terän ominaisuudet, terän muoto ja terän valmistusmateriaali. Syöttönopeus [mm/r] on terän kulkema matka, kun työkappale kiertää akselinsa ympäri yhden kierroksen. Syöttönopeutta valittaessa sorvilla tulee huomioida työstettävä materiaali, työkappaleen kiinnitystapa, koneen tehot ja tukevuus, terän kiinnitys ja terämateriaali. (2, 126–128.) Las-

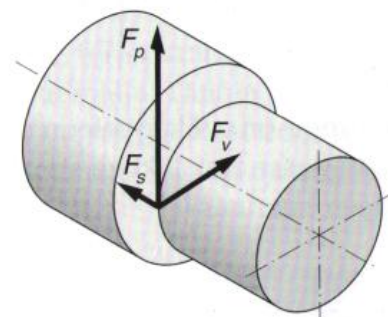
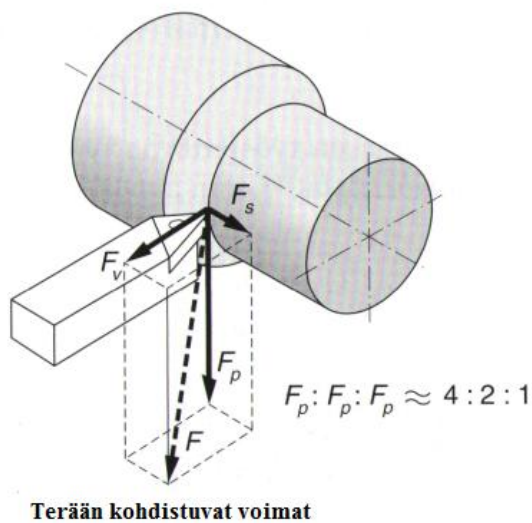
tuamissyvyyden ja syötön nyrkkisääntöinä voidaan pitää, että lastuamissyvyyden tulisi olla vähintään $2/3$ nirkonsäteestä ja syötön vähintään $1/2$ nirkonsäteestä. (Liite1.) Yleisimmät sorvauksessa käytettävät laskentakaavat selviävät liitteestä 2.

8.7 Sorvauksessa vaikuttavat lastuamisvoimat

Lastujen irrotus työkappaleesta vaatii aina tietyn määrän irrotusvoimaa. Leikkuuvoimat aiheuttavat sorvauksessa lastun irtoamisen työkappaleesta. Lastuamisvoimat rasittavat työstön aikana terää, työkappaletta ja terän sekä työkappaleen kiinnitystä. Voimien vaikutukset tulee huomioida erityisesti terien valinnoissa, työkappaleen ja terien kiinnityksessä, työstöarvoissa ja käytettävän koneen tehossa. Leikkuuvoimiin vaikuttavat myös työstettävä materiaali ja sen ominaisuudet, lastun poikkipinta-ala sekä jäähtytyksen käyttö työstön aikana. (2, 129.)

Leikkuuvoima jakautuu lieriöpinnan sorvauksessa kolmeen osaan. Pääleikkuuvoima F_p on suurin vaikuttava voima. Tämä voima pyrkii painamaan terää alaspäin työstön aikana. Terävarren suuntaan vaikuttaa voima F_v , joka yrittää työntää terää pois päin työkappaleesta työstön aikana. Syöttövoima F_s puolestaan yrittää vastustaa syöttöliikettä työstön aikana. (2, 129.) Alla olevassa kuvassa on esitettyinä sorvatessa syntyvät voimat ja niiden vaikutukset.

Sorvauksessa syntyy leikkuuvoimia, jotka on pystyttävä ottamaan huomioon. Terään ja työkappaleeseen syntyy toisilleen vastakkaiset voimat



Kuva 16. Sorvauksessa aiheutuvat voimat (2, 129)

8.8 Työstettävän kappaleen kiinnitys sorvilla

Sorvin pääkaralle voidaan kiinnittää erilaisten kiinnitysmekanismien avulla monenlaisia istukoita ja laikkoja, jotka mahdollistavat työkappaleiden monipuolisen kiinnityksen. Työkappaleet voidaan kiinnittää seuraavilla menetelmillä, kuten kolmileukaistukkaan, nelileukaistukkaan, kolmi- tai nelileukaistukkaan käyttäen keskiökärkeä tuentana, kolmi- tai nelileukaistukkaan käyttäen tukilaakeria tukena, kolmi- tai nelileukaistukkaan käyttäen tukilaakeria ja kärkeä tukena, tuunaan kiinnityksellä, kärkien väliin kiinnityksellä ja erikoisistukoihin. (2, 117.)

Kolmileukaistukkaan kiinnitys

Kolmileukaistukka kiinnitetään pääkaralle ruuveilla tai erillisillä kiinnittimillä. Kolmileukaistukka on pyöreän työkappaleen kiinnitykseen erittäin hyvä ja helpokäyttöinen kiinnitysväline. Istukan kolme kiinnitysleukaa liikkuvat samanaikaisesti kiinni tai auki istukka-avaimella pyörittämällä. Istukkaa kiristettäessä, työkappale keskittyy aina automaattisesti. Istukat ovat erittäin tarkkoja keskitys tarkkuudeltaan, mikäli ne on pidetty hyvässä kunnossa. Istukoissa on yleensä käytössä kolmenlaisia leukoja, kuten ulkopuoliset leuat kappaleen kiinnittämiseksi ulkopinnasta, sisäpuoliset leuat holkkimaisen kappaleen kiinnittämiseksi sisäpinnasta ja pehmeät leuat, jotka voidaan sorvata haluttuun muotoon kiinnitettävän työkappaleen mukaan. (2, 117–118.)

Nelileukaistukkaan kiinnitys

Nelileukaistukka kiinnitetään myös pääkaralle ruuveilla tai erillisillä kiinnittimillä. Nelileukaistukkaa käytetään yleisimmin monimuotoisien ja erikoisimpien työkappaleiden kiinnitykseen. Yleensä työkappaleen kiinnitys tapahtuu leuoilla. Joissain istukkamalleissa on lisäksi T-ura, jolla mahdollistetaan työkappaleen kiinnitys tai varmistus ruuveilla ja kiinnittimillä. Istukassa käytettävät leuat ovat yleensä käännettäviä, jolloin samoja leukoja voidaan käyttää sisä- ja ulkopuoliseen kiinnitykseen isoille ja pienille työkappaleille. Leukoja siirretään avaimella pyörittämällä yksi kerrallaan, joten työkappaleen keskitys on monimutkaisempaa. Keskityksessä käytetään tarkkuudesta riippuen apuna kärkiä, mittakelloa tai piirtojalkaa. Piirtojalkaa käytetään apuna karkeassa keskityksessä. Keskiökärkiä voidaan käyttää vain toisessa tai vaihtoehtoisesti molemmissa päissä apuna, mikäli työkappaleessa on keskiöinti. Leukojen paikat voidaan myös mitata karkeasti oikeaan paikkaan käyttäen apuna istukassa olevia ren-

kaita tai työntömittaa apuna. Viimeinen ja tarkka keskitys työkappaleelle tehdään aina mittakellolla. (2, 121–122.)

Alla olevassa kuvassa on esitettynä Kolmi- ja nelileukaistukka ja kiinnitysleukoja



Kuva 17. Sorvin istukoita ja leukoja RÖHM (25)

Tasolaikkaan kiinnitys

Tasolaikka kiinnitetään sorvin pääkaralle samanlaisten kiinnittimien avulla kuin istukatkin. Tasolaikkaan voidaan kiinnittää erimuotoisia tai muuten hankalia työkappaleita siinä olevien kiinnitys reikien ja T-urien avulla, joissakin malleissa voidaan käyttää myös erilaisia kiinnitysleukoja kiinnityksen apuna.

Työkappaleen kiinnitys tasolaikkaan suoritetaan samoja periaatteita noudattaen, kuin kiinnitettäisiin työkappaletta pöytään porakoneella. Kiinnittäessä työkappaletta tulee erityisesti huomioida sen tukevuus ja ettei siihen jäisi kiinnitettäessä suuria jännityksiä. Työkappale keskitetään samalla periaatteella ja apuvälineillä kuin nelileukaistukassakin. Yleensä tasolaikkaan kiinnitettäessä tukevuus on huonompi, joten käytettävät työstöarvot tulisi olla paljon pienemmät kuin normaalisti, ettei työstettävä kappale pääse irtoamaan tai liikkumaan. (2, 123.) Alla olevassa kuvassa on esitettynä tasolaikkaan kiinnitys.

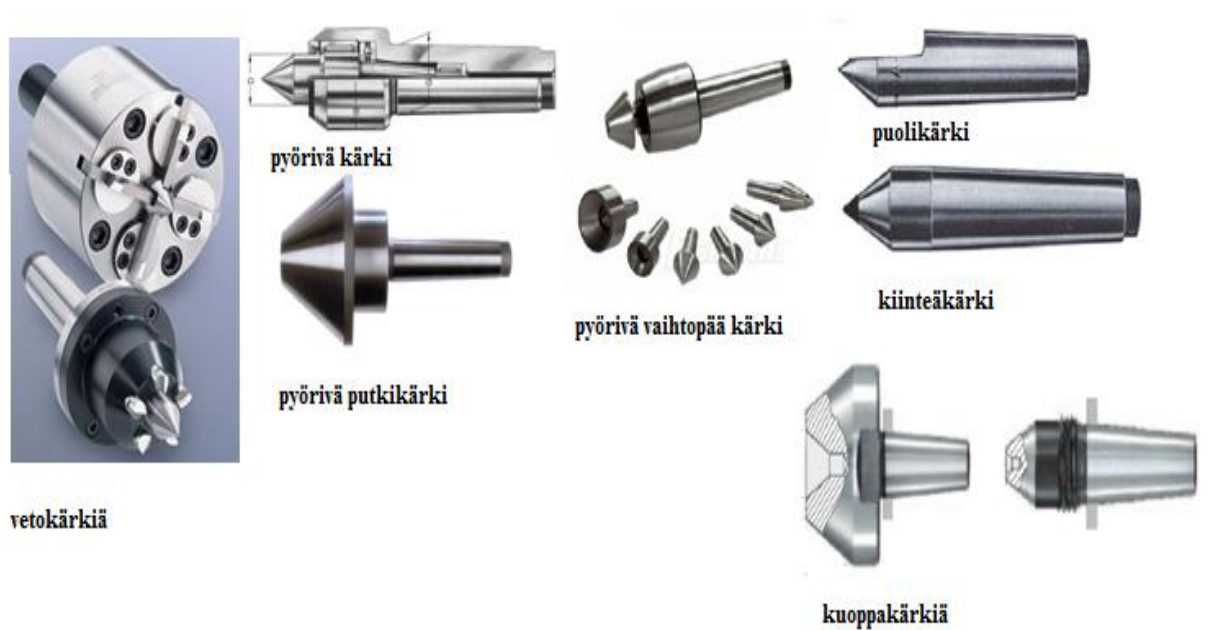


Kuva 18. Työstettävän kappaleen kiinnitys tasolaikkaan (26.)

Kärkien avulla kiinnitys

Sorvattaessa pitkiä, hoikkia, tarkkoja yhdensuuntaisia tai muuten tukea tarvitsevia työkappaleita tarvitaan avuksi tuentaan erilaisia keskiökärkiä. Kiinteät tai pyörivät keskiökärjet kiinnitetään siirtopylkän pinoliin ja tuetaan keskiöporalla porattuun keskiöreikään tai kappaleen päätä vasten työkappaleesta riippuen. Yleisimmin käytetty keskiökärjen kulma on 60° . Kärjen malli ja koko tulee valita aina oikein työtavan mukaan, ettei kärki tule tielle työstettäessä. Keskiökärjissä on morse-kartio siirtopylkkään kiinnitystä varten. Kärkiä voidaan kiinnittää kartioltaan myös pääkaralle molempien päiden samanaikaisessa tuennassa kärjillä. (2, 118–121.)

Vetokärkiä käytetään, kun työkappaleen pinta halutaan tarkkuuden saavuttamiseksi sorvata kokomatkalta kärkien välissä. Vetokärjessä on kappaleen kiinnittymistä varten pitopinnat, joita vasten työkappaletta työnnetään sopivalla voimalla siirtopylkässä olevalla pyörivällä kärjellä. Vetokärkeä käytettäessä käytetään aina pienempiä työstöarvoja, koska kiinnitys ei ole järin tukeva. Työkappale voi pyörähtää tai irrota helposti, jos se on huonosti kiristetty tai työstetään liian suurilla nopeuksilla. (2, 118–121.) Alla olevassa kuvassa on esitettyinä erilaisia keskiökärkiä.



Kuva 19. Keskiökärkiä Brucner (27)

Tukilaakerin käyttö

Tukilaakerilla estetään pitkien ja hoikkien työkappaleiden taipuminen ja siitä aiheutuvat ongelmat, kuten värinä työstettäessä. Tukilaakeria käytetään tukena myös, kun akselinpäättä oikaistaan tai porataan keskiöreikiä vapaaseen päähän sorvilla. Tukilaakerilla voidaan vähentää kärjelle aiheutuvaa kuormaa ja parantaa työstön lopputulosta. Työstettävän kappaleen tukeminen tapahtuu leukojen eli rullien avulla painattamalla niitä työkappaleen heitotonta sileää pintaa vasten. Tukilaakereita on kahden mallisia kiinteitä paikoilleen lukittavia malleja ja niin sanottuja mukana seuraavia liikkuvia tukilaakereita. Tukilaakerin käytössä tulee huomioida, että työkappale ei pääse taipumaan leukojen painatuksen johdosta. Mikäli tuenta tapahtuu valmiiseen pintaan, tukirullista ei saa jäädä jälkiä painatus kohtaan. Rullien hyvä voitelu on hyvin tärkeää työstön aikana. Alla olevassa kuvassa on esitetty tukilaakerin käyttö. (2, 123–124.)



liikkuva tukilaakeri



kiinteä tukilaakeri

Kuva 20. Tukilaakerin käyttö (10)

8.9 Työvaiheet sorvauksessa

Työvaiheet jaotellaan kolmeen vaiheeseen rouhintaan, puolikarkeaan koneistukseen ja viimeistelyyn. Rouhinnalla poistetaan suuria määriä materiaalia kerrallaan työkappaleesta käyttämällä suuria lastuamissyvyyksiä ja nopeuksia. Rouhinnasta puhuttaessa irtoavien lastujen lastuvirta on erittäin suuri. Käytettävällä nirkonsäteellä ja syöttönopeudella on suuri merkitys rouhittaessa työkappaletta. Puolikarkeaa koneistusta ovat keskiraskas ja kevyt rouhinta, jotka jäävät työvaiheissa rouhinnan ja viimeistelyn väliin. Kevyttä tai keskiraskasta rouhintaa käytetään kappaleissa, joista materiaalia poistuu vähemmän tai joudutaan muusta syystä käyttämään pienempiä työstöarvoja. Viimeisteltäessä työkappaleita käytetään pientä lastuamissyvyyttä, pientä nirkonsädettä ja syöttöä, koska lopputuloksena tulee olla hyvä pinnankarheus ja mittatarkkuus. (24.)

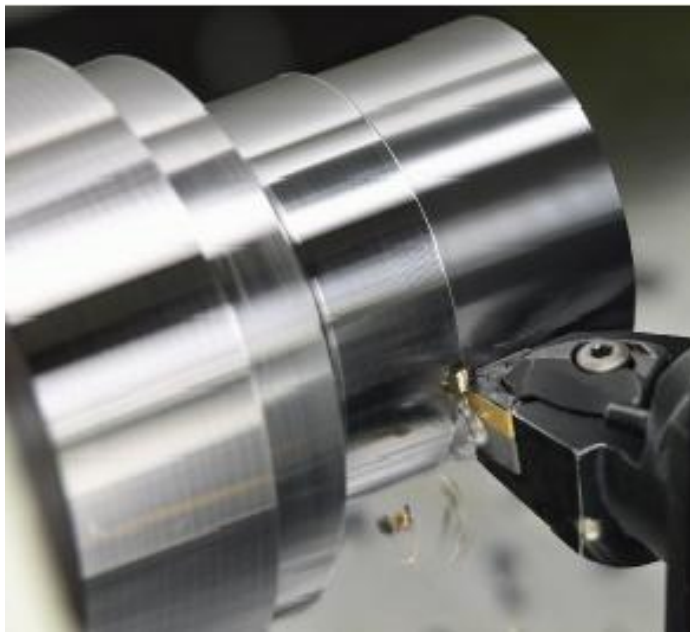
8.10 Sorvausmenetelmiä

Sorvissa käytettäviä työstömenetelmiä ovat lieriön sorvaus, tason sorvaus, olakkeen sorvaus, poraus, kierteitys tapilla, kalviminen ja väljentäminen, reiän sorvaus, katkaisu ja uran sorvaus, kartion sorvaus, kierteitys sorvaamalla, muotosorvaus ja pyältäminen. Tietyissä olosuhteissa sorvilla voidaan myös jyrsiä kiilauria. (2, 130–131.)

Lieriön sorvaus

Eripituisia lieriöpintoja valmistetaan sorvilla eri käyttötarkoituksiinsa kiinnitys- ja liukupinnoiksi. Lieriön sorvauksessa eli pituussorvauksessa sorvataan työkappaleen ul-

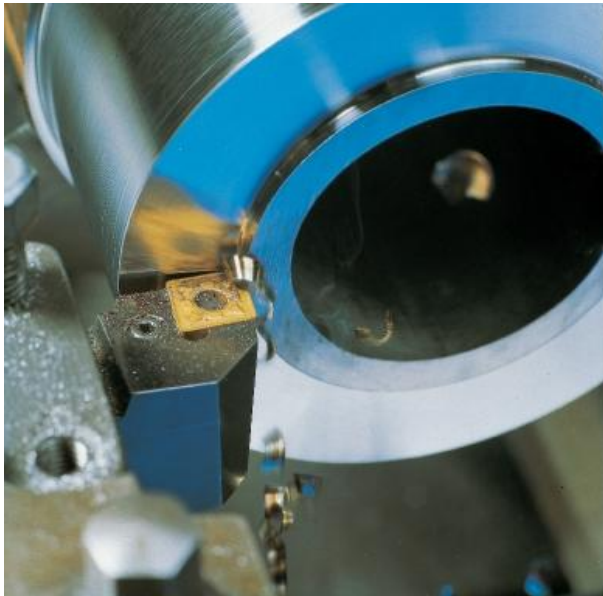
kopintaa tai pintoja aksiaalissuunnassa eli pituussuunnassa. Terän liike lastuttaessa on aina suoraviivainen. Lastuamissyvyys terälle asetetaan säteen suunnassa eli poikittais-suunnassa. Rouhinnan aikana tulisi valita edullisin ja tukevin terä, joten asetuskulmaksi valitaan yleisimmin 45° . Asetuskulma voi olla myös 60° tai 75° . Työkappalees-sa olevat mahdolliset olakkeet ja viimeistely sorvataan yleensä 90° asetuskulmalla va-rustetulla terällä. Myös muita teriä voidaan käyttää viimeistelyssä, jos kiinnitys tai työkappaleen muoto sen sallii. (2, 130–134.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä lieri-ön sorvaus.



Kuva 21. Lieriön sorvausta eli pituussorvausta (24.)

Tasosorvaus

Tasojen sorvauksessa terä irrottaa lastuja työkappaleen tasopinnasta säteen suuntaises-ti eli poikittaissuunnassa. Tasopintoja sorvataan erilaisiin työkappaleisiin sisä- ja ul-kopuolelle. Terää liikutetaan syötön aikana kohtisuorasti kappaletta vastaan tai pois-päin siitä. Lastuamissyvyys asetetaan koneen aksiaalissuunnassa eli pituussuunnassa. Yleisimmin tasosorvausta käytetään työkappaleen otsapinnan oikaisuun tai valmistet-taessa tasopintoja muuhun työkappaleen osaan. Tasosorvauksessa käytetään tapaus-kohtaisesti, joko 45° terää, pääterää tai veitsiterää. Mahdollinen rouhinta työvaihe suo-ritetaan yleensä 45° rouhintaterällä. Viimeistely suoritetaan yleensä käyttämällä rou-hintaterävarressa viimeistelyterää tai vaihtoehtoisesti käytetään pääterää. Lyhyissä ta-sopinnoissa on yleensä vähän työstettävää, joten työ suoritetaan yleensä kokonaan 90° veitsiterällä. (2, 133–134.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä tason sorvaus.



Kuva 22. Tasosorvaus

Olakkeiden sorvaus

Olakkeita tarvitaan taso- ja tukipinnoiksi, kun akseleihin ja reikiin asennetaan jotakin. Olakkeita sorvataan työkappaleisiin sisä- ja ulkopuolelle. Sorvauksessa terän lastuminen tapahtuu aksiaalissuunnassa eli pituussuunnassa ja olakkeen tasopinnassa säteen suunnassa eli poikittaissuunnassa. Lastunsyvyys asetetaan pituussuunnassa valmistettaessa lieriöosaa ja poikittaissuunnassa valmistettaessa tasopintaa. Veitsiterä, jossa on 90° asetuskulma, soveltuu parhaiten, kun työstetään sisä- ja ulkopuolisia olakkeita. Asetuskulma voidaan valita myös suuremmaksi, jos se on tarpeellista. Sorvauksen lopputulosta tarkasteltaessa on aina tärkeää huomioida, että tasopinta on suora ja nurkka on oikein piirustuksen mukaan työstetty. Yleensä sisänurkkiin tulee tehdä pieni pyöristys, joka estää kappaleen murtumista rasituksessa. (2, 134–135.) Alla olevassa kuvassa on esitetty olkatappi, jossa on käytetty olakkeen sorvausmenetelmää.



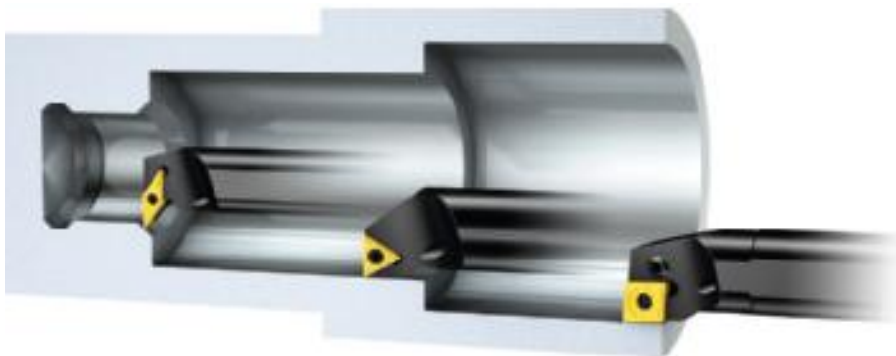
Kuva 23. Olkatappi (16)

Poraus, väljennys, kalvinta ja upottaminen sorvilla

Poratessa, kalvittaessa ja väljennettäessä sorvilla työkappale pyörii istukassa tai työstä riippuen muussa kiinnitysvälineessä. Työstössä käytettävä työkalu ei pyöri. Työkalun syöttö tapahtuu käsin siirtopylkän pinolilla, kun terä on kiinnitetty siirtopylkän pino-liin istukan tai morsekartion avulla. Syöttö voi tapahtua myös koneellisesti pitkittäis-kelkalla, jos käytettävä terä on kiinnitetty teräkelkkaan erikoisteränpitimeen. (2, 135.)

Reiän sorvaus

Läpireikien sorvaus tapahtuu aksiaalissuunnassa eli pituussuunnassa suoraviivaisesti, mikäli reikä on umpinainen tai siinä on myös tasopintoja, tapahtuu työstöä myös säteen suunnassa. Lastuamissyvyys terälle asetetaan, kun sorvataan suoraa pintaa säteen suunnassa eli poikittaissuunnassa. Reiän pohjan ja mahdollisten sisäpuolisten tasojen sorvauksessa lastuamissyvyys asetetaan pituussuunnassa. Sorvaus takaa reiälle aina hyvän mittatarkkuuden ja laadun. Sisäpuolisessa sorvauksessa käytetään veitsi- ja rouhintateriä. Erikokoiset ja muotoiset terät mahdollistavat hyvin pienien ja suurien reikien sorvaamisen. Terien tarkka asetus ja tukevuus ovat reikien sorvauksessa hyvin tärkeitä asioita. (2, 137–139.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä reiän sorvaus.



Kuva 24. Reiän sorvaus (24)

Urien sorvaus

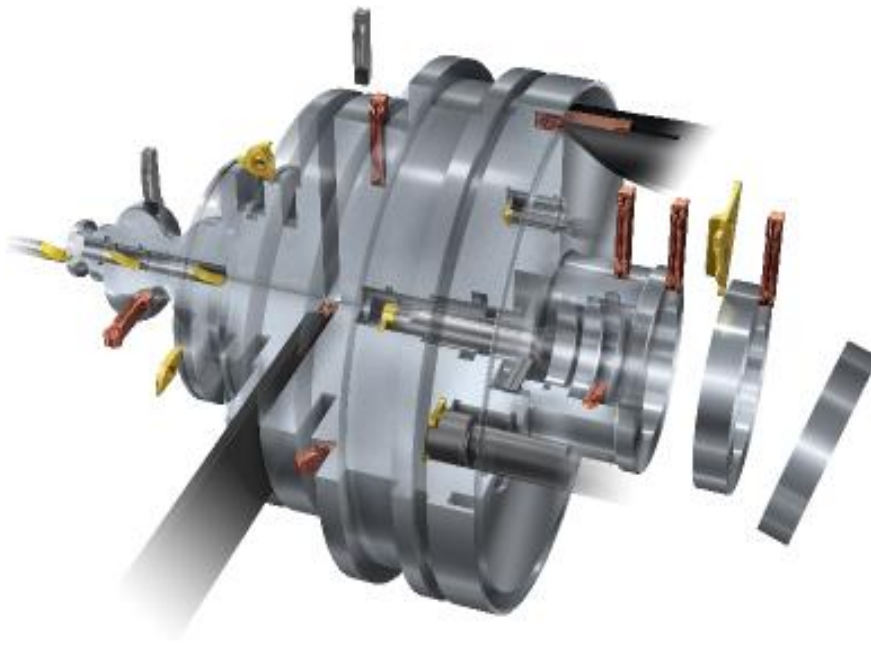
Uria sorvataan erilaisiin työkappaleisiin suorilla terillä tai muototerillä työkappaleen ulkopintaan, sisäpintaan ja tasopintaan. Uran sorvausmenetelmää joudutaan käyttämään, kun valmistetaan esimerkiksi kierteen pääteuria, hihnauria, tiivisteuria ja lukko-rengasuria. Uran sorvauksessa käytetään terinä kovametallista suoraa terää tai muototerää tai oikeanlaiseen muotoon ja leveyteen hiottua pikaterästerää. Urat sorvataan leveydestä riippuen yhdellä tai useammalla työvaiheella. Terän syöttö tapahtuu työstä riippuen, joko poikittais- tai pituussuunnassa tai sekä että. Aksiaalipistäminen tehdään aksiaalipistoon tarkoitettulla kovametalliterällä ja erikoisvarrella tai pikaterästerällä joiden toinen sivu on muotoiltu työkappaleen mukaan kaarevaksi. Alla olevassa kuvassa on esitetty erilaisia uran sorvausmenetelmiä. (2, 141–142.)



Kuva 25. Uransorvaus menetelmiä (24)

Katkaisu sorvissa

Katkaisu suoritetaan sorvissa erilaisilla pistoterillä. Katkaisu tapahtuu syöttämällä pistoterää työkappaletta vasten säteen suuntaisesti eli poikittaissuunnassa. Katkaisu- ja pistoterät voidaan hioa pikateräksisestä säästöpalasta ja kiinnittää erilliseen pitimeen tai vaihtoehtoisesti käytetään kovametalliterää, joka kiinnitetään pitimessä olevaan terälehteen. (2, 139–140.) Alla olevassa kuvassa on esitetty erilaisia katkaisu ja uran sorvaus vaihtoehtoja.



Kuva 26. Katkaisu ja uran sorvaus mahdollisuuksia erilaisilla terillä (24)

Kartion sorvaus

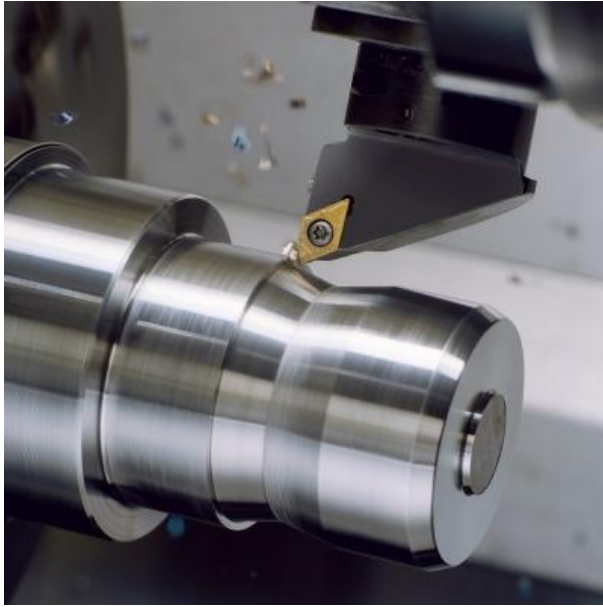
Erilaisia kartioita käytetään useasti kiinnityspintoina monessa kohteessa. Kartioita sorvataan yleensä erilaisilla terillä, kääntökelkan avulla ja kartionsorvauslaitteilla. Tässä yhteydessä puhutaan vain terillä ja kääntökelkalla sorvauksesta. Kartion sorvauksessa käytetään tapauskohtaisesti sisä- ja ulkopuolella rouhintaterää, pääterää, veitsiterää tai muotoon hiottua pikaterästerää. Terät tulee olla aina asetettu tarkasti keskiön korkeudelle. Terä hiotaan tai asetetaan haluttuun kulmaan, kun sorvataan lyhyempiä kartioita ja viisteitä. Lyhyemmissä viisteissä on yleensä kuitenkin 45° kulma, tällöin voidaan käyttää viisteen valmistuksessa pelkästään 45° kovametalliterää. Työstön aikana terän syöttö tapahtuu, joko pitkittäis- tai poikittaiskelkalla. Lastuamissyvyys asetetaan poikittaiskelkalla. Pidemmät kartiot sorvataan käyttäen kääntökelkkaa apuna. Kääntökelkkaa käännetään asteikollaan kartiokulman puolikkaan verran. Syöttö tapahtuu käsin tasaisesti tai jos koneessa on syöttö kääntökelkalle, voidaan käyttää konesyöttöä. Sorvattaessa kartioita tulee huomioida erityisesti sen käyttötarkoitus, joka määrää kartion lopullisen viimeistely- ja mittatarkkuuden. Kartion mittoja voidaan tarkistaa monella eri tavalla, kuten yleiskulmamitalla, työntömitalla, mikrometrillä, mittakellolla, sisä- ja ulkopuolisilla tulkeilla tai sovittamalla keskenään asennettavia pintoja toisiinsa. (2, 142–146.) Alla olevassa kuvassa on esitetty kartion sorvausmenetelmällä sorvatut kivimurskan kartiot.



Kuva 27. Kivimurskan kartiot (17)

Muodon sorvaus

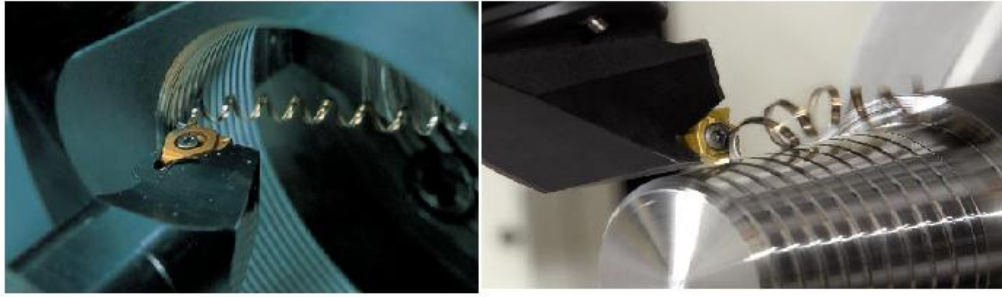
Muotosorvaus voidaan tehdä työkappaleen sisä- tai ulkopuolelle käsivaraisesti tai muototerällä. Muotoja sorvaamalla voidaan valmistaa esimerkiksi pyöristyksiä, muotouria, ja erilaisia koristuksia. Muodon sorvauksessa voidaan käyttää erimallisia kovalateriaa tai pikateräksestä haluttuun muotoon hiottuja muototeriä. Muotojen sorvauksessa terää syötetään pituus- tai poikittaissuunnissa tai molemmissa suunnissa samanaikaisesti. Muodon viimeistely tehdään yleensä valmiiseen muotoon teroitettulla terällä tai hiomalla. (2, 159–160.) Alla olevassa kuvassa on esitetty muotosorvausta.



Kuva 28. Muodon sorvausta (24)

Kierteen valmistus sorvissa

Sorvissa voidaan valmistaa erikokoisia vasen- ja oikeakätisiä ulko- ja sisäpuolisia kierteitä, joita pakalla tai tapilla ei kannata tai voida kokonsa puolesta tehdä. Terinä käytetään kierteen harjan muotoisia kovametalliteriä tai pikateräksestä hiottua muototeraa. Terien kiinnitysvaihtoehdot ovat samat kuin muissakin sorvausmenetelmissä ulko- ja sisäsorvauksessa. Kierteen sorvaaminen tapahtuu käyttäen johtoruuvia terän syötössä. Pitkittäiskelkan syöttö saadaan aikaiseksi lukitsemalla kelkka lukkomutterin avulla johtoruuville, jonka vaihteiston avulla saadaan valittua oikeanousu kierteelle. Lastuamissyvyys terälle asetetaan poikittäiskelkalla. Joskus voi joutua siirtämään terää kierteen pituussuunnassa terän paikoituksessa tai kierteen levityksessä, silloin käytetään kääntökelkkaa terän siirtoon. (2, 148–158.) Yleisimmät sorvilla valmistettavat kierreytyypit ovat suuret kierteet, tarkkuutta vaativat kierteet, harjakierteet, trapetsikierteet, lattakierteet ja monipäiset kierteet. (24.) Pienempiä ulko- ja sisäkierteitä voidaan sorvissa valmistaa kierreleuoilla eli kierrepakalla ja kierretapilla, joko käyttämällä apuna käsivääntimiä tai erilaisia kierteitysistukoita. Kierteen reiän tai ulkopinnan valmistuksessa käytetään mitoituksessa standardoituja mittoja, jotka löytyvät työkalun valmistajien laatimista taulukoista. (2, 148–158.) Alla olevassa kuvassa on esitetty kierteen sorvaus ulko- ja sisäpuolelle.



Kuva 29. Ulkopuolisen ja sisäpuolisen kierteen sorvaus (24)

Pyältäminen

Pyältämällä valmistetaan työkappaleen pintaan erilaisia pito- ja kuviopintoja. Pyällystyökaluissa on vähintään kaksi tai useampia pyällyskehriä, joita painatetaan pyörivää työkappaletta vasten sopivalla voimalla. Kuvio täytyy saada kerralla valmiiksi, joten asetukset ja työstönopeuden valinnat tulee tehdä hyvin ja huolellisesti. Syöttöliike tapahtuu pituussuunnassa ja asetusliike poikittaissuunnassa. Kehrat painavat työkappaleen pintaan halutun standardoidun kuvion. Kehrat ovat yleensä valmistettu seostetusta pikateräksestä, joita myös pinnoitetaan erilaisilla kehrän ominaisuuksia parantavilla menetelmillä ja materiaaleilla. Kehrien kiinnityspidin on laakeroitu liikkuvaksi eli myötäileväksi. Pyällyksen yleisimmät standardikuvioinnit ovat suora pyällyys, risti pyällyys, vino pyällyys ja vino ristipyällyys. Alla olevassa kuvassa on esitetty pyällystyökalu ja pyälletty työkappale. (2, 146–147.)



Kuva 30. Pyällystyökalu (25) ja ristipyälletty jalkatappi (5)

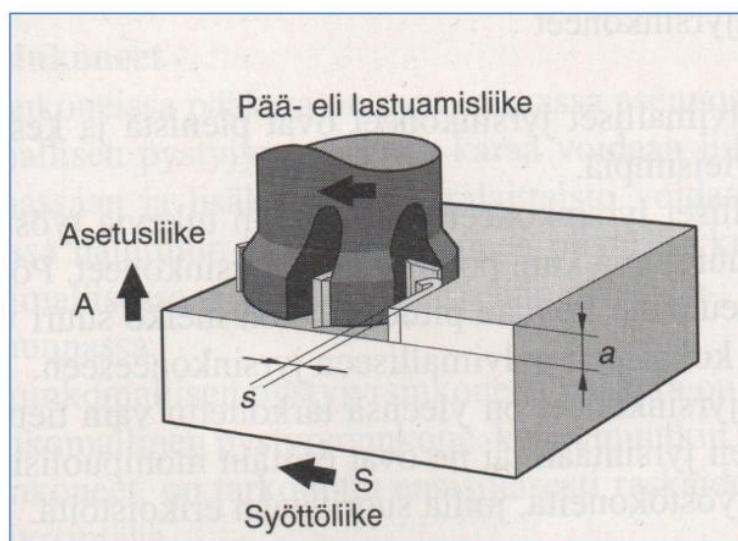
Työstön aikana esiintyvät yleisimmät viat

Sorvatessa yleisimpiä esiintyviä ongelmia voivat olla huono lastunhallinta, värinä, lastunmurto, pinnanlaatu ja jäysteen muodostuminen. Vikaa ja ongelmia aiheuttavat yleensä työstettävä materiaali, väärä terävalinta, huono terän tai työkappaleen kiinnitys ja väärät liian pienet tai suuret työstöarvot. (24.)

9 JYRSINTÄ

9.1 Jyrsinnän periaate

Jyrsinnässä työkappale kiinnitetään jyrsinkoneen pöytään tai muuhun työstömenetelmässä käytettävään sopivaksi todettuun kiinnitysvälineeseen. Jyrsintyökalu kiinnitetään huolellisesti jyrsinkoneen karalle. Lastujen irrotus työstettäessä työkappaletta tapahtuu työkalun hampailla eli sen terillä. Lastujen irrotukseen tarvitaan terän pyörivä liike, asetusliike ja pöydän syöttöliike. Jyrsinnässä pääliike eli leikkuuliike on terän pyörimisliike. Asetusliikkeellä asetetaan haluttu lastuamissyvyys siirtämällä terää tai kappaletta korkeussuunnassa. Syöttöliikkeet tapahtuvat pöydän pituus- tai poikittais-suunnassa. Lastunpaksuuteen vaikuttavat syöttönopeus ja lastuamissyvyys. Lastuamisleveys on terän lastuama matka työkappaleen leveysuunnassa joko pysty- tai vaakatasosta katsottuna, riippuen siitä jyrsitäänkö vaaka- vai pystykaralla. Alla olevassa kuvassa on esitetty jyrsinnän periaate. (2, 173.)



Kuva 31. Jyrsinnän periaate (2, 173)

9.2 Jyrsinkonetyypit

Jyrsinkoneet voidaan jakaa konetyypeittäin kolmeen eri ryhmään, joita ovat polvimaiset runkomalliset ja erikoisjyrsinkoneet. Tyyppijako tehdään niiden rakenteen ja erilaisten käyttötarkoitusten mukaan. Polvimaisissa koneissa työstöliikkeet toteutetaan pelkästään koneen pöytää liikuttamalla. Runkomallisissa koneissa työstöliikkeet toteutetaan puolestaan karan ja pöydän liikkeillä. Pääkaran asento on myös koneissa erilainen, taso- ja yleisjyrsinkoneissa se on yleensä vaakasuorassa asennossa, mutta kiinnitettäessä niihin erillinen pystyjyrsinpää saadaan kara toimimaan myös pystyasennossa. Pystyjyrsinkoneissa kara on aina pystyasennossa, mutta sitä voidaan kääntää haluttuun kulmaan. Erikoisjyrsimet soveltuvat nimensä mukaan joillekin erityisille työstömenetelmille tai työkappaleille. Yleisin konepajoissa käytetyistä jyrsinkonetyypeistä on yleisjyrsinkone. (2, 174.)

Jyrsinkoneet voidaan jaotella seuraavasti:

Polvimaiset jyrsinkoneet

Polvimaisia jyrsinkoneita ovat tasojyrsinkone, yleisjyrsinkone ja pystyjyrsinkone.

Runkomalliset jyrsinkoneet

Runkomallisia jyrsinkoneita ovat tasojyrsinkoneet, yleisjyrsinkoneet, pystyjyrsinkoneet ja pitkäjyrsinkoneet.

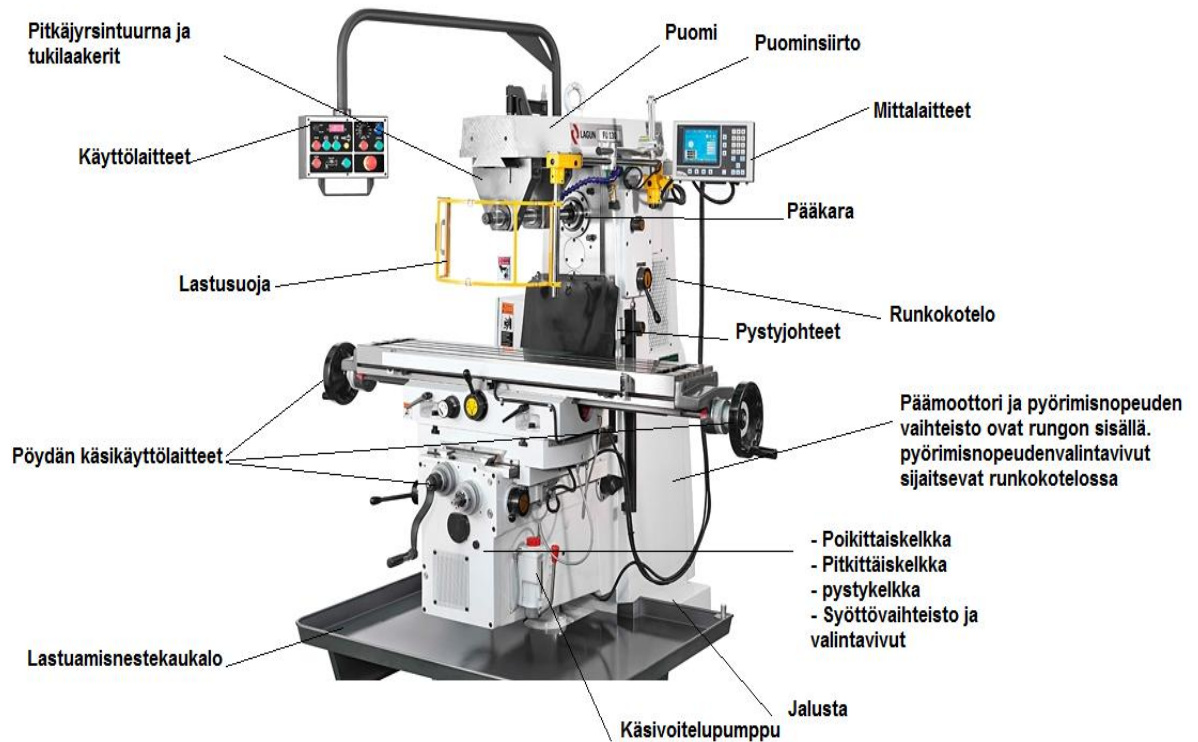
Erikoisjyrsinkoneet

Erikoisjyrsinkoneita ovat työkalujyrsinkoneet, kopiojyrsinkoneet, monitoimijyrsinkoneet, NC-työstökeskukset, vierintäjyrsinkoneet ja kierrejyrsinkoneet. (2, 174.)

9.3 Yleisjyrsinkoneet

Yleisjyrsinkoneet ovat konepajojen yleisimpiä työstökoneita. Koneen monipuolisuus mahdollistaa monen päivittäisen jyrsintätyön suorituksen niillä. Suuremmat koneet ovat mallista riippuen yleensä kiinteästi asennettuja valettuun petiin ja pienemmät koneet asennetaan yleensä kumivaimenteisten tallojen päälle suoraan lattialle. Koneet tu-

lee aina asentaa ja vaaittaa tarkasti suoraan. Yleisjyrsinkoneen osia ovat jalusta, runkokotelo, pystyjohteet ja kelkka, koneen käyttömoottori ja sen välitys, puomi, pääkara, pyörimisnopeuden vaihteisto, syöttövaihteisto, syöttövaihteiston moottori, työkalun kiinnityskartio, poikittaisjohteet ja kelkka, pitkittäisjohteet ja kelkka, pöytä, kiertolaatta, mittarummut, digitaalinen mittalaite, lastuamismestepumppu oheislaitteineen, voitelupumppu ja suojavälineet. (2, 174.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä yleisjyrsinkone ja sen tärkeimpiä osia.

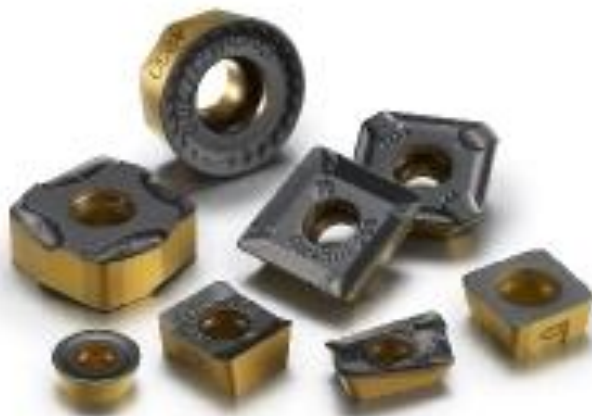


Kuva 32. Yleisjyrsinkone ja sen tärkeimpiä osia LAGUN FU 130 (13)

9.4 Jyrsinnässä käytettävät terät

Terämateriaaleina jyrsinnässä käytetään samoja materiaaleja kuin sorvauksessakin. Käytettävien teräpalojen mallit ja geometria vain eroavat sorvissa käytettävistä. Yleisin käytetty terä on nykyään jyrsinnässä kovametallinen kääntöteräpala. Myös erilaisia pikaterästeriä voidaan käyttää. Kovametalliterien alla käytetään aluspalaa. Aluspalat ja terät kiinnitetään ruuvien avulla. Käytettävien terien teräkulma, geometria ja hammaskoko riippuvat työstettävästä materiaalista, työstöolosuhteista ja työstötavasta. Kätiisyys terissä on yleensä oikeakätinen, mutta vinohampaisissa pikateräs lieriöjyrsimissä kätiisyys voi olla myös vasen- tai oikeakätinen. Kätiisyys vaikuttaa lastujen poistumis-

suuntaan, jyrsimen kiinnitykseen ja työkappaleen kiinnitys tapaan. Terän hammasjaon eli terien määrän valinta voidaan tehdä koneistettavan materiaalien mukaan. Harvaa hammasjakoa käytetään pehmeille raaka-aineille, jotka tarvitsevat paljon tilaa lastuille. Karkeaa hammasjakoa käytetään koville raaka-aineille, jotka vaativat hyvää lastuamiskykyä. Normaalialia hammasjakoa käytetään seostamattomalle normaalille teräkselle. (2, 180–184.) Alla olevassa kuvassa on esitettynä jyrsimen teräpaloja.



Kuva 33. Jyrsimen teräpaloja (24)

9.5 Jyrsinnässä käytettävät työkalut

Jyrsinnässä käytetään monenlaisia jyrsintyökaluja, joita ovat teräpäät, lieriöjyrsimet, kiekkojyrsimet, varsijyrsimet, muotojyrsimet, avartimet, erikoisjyrsimet, poranterät, kierretapit ja U-porat. Terävarret ja apuvälineet kiinnitetään standardoidun ISO-työkalukartion avulla jyrsinkoneen pääkaralle tai vaihtoehtoisesti koneen tyypistä riippuen pystykaralle. ISO-työkalukartioiden koot vaihtelevat työstökoneiden kokojen mukaan. Yleisimmät käytetyt työkalukartioiden koot ovat 30, 40 ja 50. Yleisimmin jyrsinterät kiinnitetään otsajyrsintuurnaan, pitkäjyrsintuurnaan, Weldon-istukkaan tai kiristysholkki-istukkaan. Myös erimuotoisia erikoisvarsia ja tuurnia käytetään jyrsinkoneella terien kiinnitykseen. Poranterät kiinnitetään koosta riippuen joko morsekartiostukkaan, poraistukkaan tai kiristysholkki-istukkaan. Jyrsinkoneille saa myös pika-kiinnitystukkoita, joiden kiinnittimiin asennetut erilaiset terät voidaan vaihtaa pikaluikon avulla nopeasti eri työvaiheissa. (2, 184–188.) Alla olevassa kuvassa on esitettynä yleisimmät terien kiinnitysvälineet.



Kuva 34. Terien kiinnitysvälineitä (27)

Teräpäät

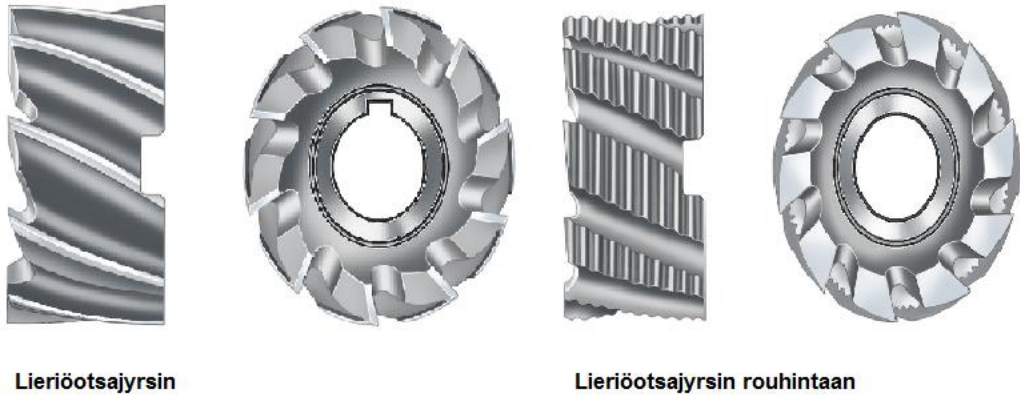
Teräpäissä on vaihdettavat kovametalliset kääntöteräpalat. Teräpäitä nimitetään useasti myös otsajyrsimiksi sillä, osa teräpää malleista soveltuu myös taso- ja otsapinnan jyrsintään. Kiinnitys tapahtuu yleensä otsajyrsintuurnalle, joka kiinnitetään pääkaralle tai pystykaralle. Teräpäillä voidaan jyrsiä tasopintoja, viisteitä ja olakkeita. Teräpäitä käytetään moniin käyttötarkoituksiinsa eri työstömenetelmissä, joten terän kiinnitysasento ja terämallit ovat niissä erilaisia. (2, 181.) Alla olevassa kuvassa on esitettyinä erilaisia teräpäitä.



Kuva 35. Erilaisia teräpäitä KORLOY (23)

Lieriöjyrsimet

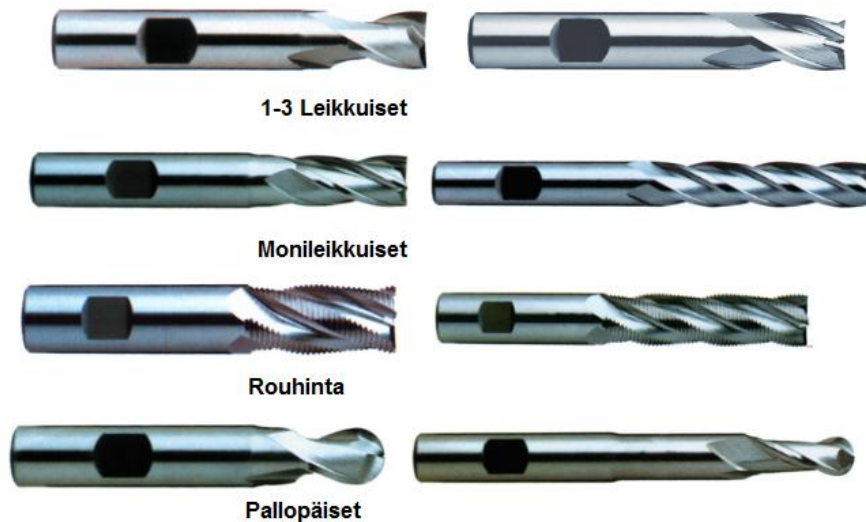
Lieriöjyrsimet ja lieriöotsajyrsimet ovat pikateräksestä valmistettuja jyrsimiä. Jyrsimiä saa myös erilaisilla suorituskykyä parantavilla pinnoitteilla varustettuna. Kiinnitys tapahtuu yleensä pitkäjyrsintuurnaan, jonka tuennassa käytetään apuna puomiin kiinnitettävää tukilaakeria. Myös otsajyrsintuurnia voidaan käyttää kiinnityksessä. Lastuaaminen jyrsimissä tapahtuu niiden lieriöpinnalla olevien hampaiden avulla. Lieriöjyrsimet soveltuvat vain taso- ja otsajyrsintään. Lieriöotsajyrsimellä puolestaan voidaan jyrsiä samanaikaisesti taso- ja otsapintaa. Jyrsinnän tehokkuuden ja nopeuden parantamiseksi voidaan käyttää samanaikaisesti rinnakkain useampia teriä. (2, 181.) alla olevassa kuvassa on esitetty pikateräksisiä lieriöjyrsimiä.



Kuva 36. Lieriöjyrsimiä (25)

Varsijyrsimet

Varsijyrsimet valmistetaan pikateräksestä, täyskovametallista tai ne voivat olla kova-metallipalalla varustettuja kääntöteräjäyrsimiä. Yleisimmin varsijyrsimet ovat kaksi-, kolmi- tai nelileikkuisia. Jyrsimiä saa myös poraavina malleina, joissa yksi tai useampia leikkaavista särmistä ulottuu keskiöön asti, joilla porauksessa lastuaminen suorite-taan. Varsijyrsimiä käytetään olakkeiden, upotusten, urien ja kiilaurien jyrsintään. Varsijyrsimet kiinnitetään joko holkki-istukkaan tai Weldon-istukkaan, johon se luki-taan ruuvien avulla. (2, 182.) Alla olevissa kuvissa on esitettyä erilaisia pikateräkses-tä valmistettuja varsijyrsimiä.



Kuva 37. Pikateräksisiä varsijyrsimiä (23)



Kuva 38. Kääntöteräisiä varsijyrsimiä (23)

Kiekkojyrsimet

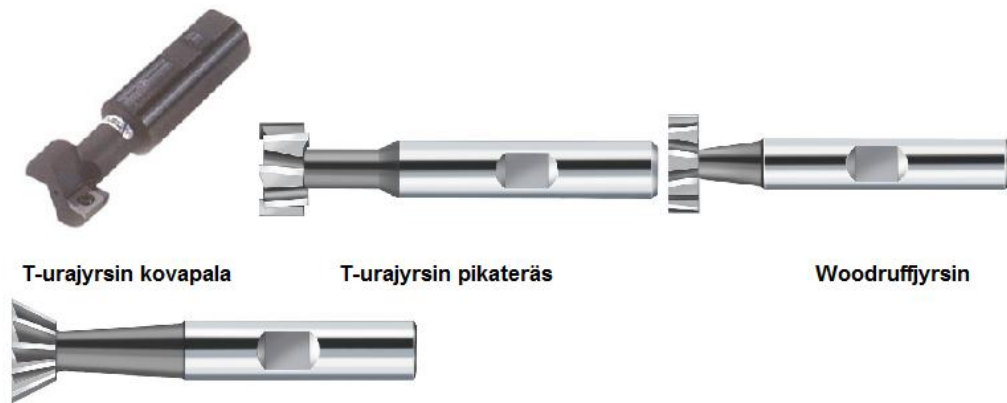
Kiekkojyrsimissä terät, ovat joko pikaterästä tai käännettäviä kovametalliteräpaloja. Pikaterästeriä on nykyisin saatavilla suorituskykyä parantavilla pinnoitteilla varustettuna. Jyrsimiä on saatavana erilaisilla halkaisijoilla ja leveyksillä. Kiekkojyrsinmalleja ovat suorahampainen kiekkojyrsin, ristihampainen kiekkojyrsin, aseteltava kiekkojyrsin ja sahajyrsin. Kiekkojyrsimet voidaan kiinnittää otsajyrsintuurnaan tai pitkäjyrsintuurnaan. Pitkäjyrsintuurnassa käytetään puomiin kiinnitettävää tukilaakeria apuna tuennassa. (2, 181.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä pitkäjyrsintuurnaan kiinnitetyllä kiekkojyrsimellä työstöä.



Kuva 39. Kiekkojyrsimellä työstö (24)

Muotojyrsimet

Muotojyrsimet soveltuvat erilaisten muotojen jyrsintään. Jyrsimiä valmistetaan kiekkojyrsiminä ja varsijyrsiminä. Kiekkojyrsimet kiinnitetään joko pitkäjyrsintuurnaan tai otsajyrsintuurnaan. Varsijyrsimet kiinnitetään kiristysholkki-istukkaan tai Weldon-istukkaan. Terämateriaaleina käytetään joko pikaterästä tai kovametallisia kääntöteriä. Yleisimpiä käytettyjä muotojyrsinmalleja ovat T-urajyrsin, moduulijyrsin(hammaspyörä), ketjupyöräjyrsin, kulmajyrsin, lohenvyrstöjyrsin, kierrejyrsin, erikoiskiilaurajyrsin esim. Woodroof ja sädejyrsin. Alla olevassa kuvissa on esitettyä erilaisia muotojyrsimiä. (2, 182.)



Kuva 40. Muotojyrsimiä (25)



Kovapala hammaspyöräjyrsimiä (moduulijyrsimiä)

Kuva 41. Hammaspyöräjyrsimiä eli moduulijyrsimiä (24)

Erikoisjyrsimet

Erikoisjyrsimiä käytetään erikoisempiin työstömenetelmiin, jotka vaativat työkalulta erityisiä ominaisuuksia tai muotoja. Erikoisjyrsimiksi luokitellaan kopiojyrsimet, siilijyrsimet, U-porat, kanavaporat ja Avartimet. Nykyään terävalmistajilta saa tilattua mittatilaustyönä lähes kaikenlaisia erikoisempia pikateräs- ja kovametalliteriä. (2, 183.)

Kopiojyrsin

Kopiojyrsimet soveltuvat erilaisten muotojen jyrsintään. Terinä käytetään yleensä käännettäviä kovametalliteriä. Kopiojyrsimet kiinnitetään mallista riippuen holkki-istukkaan tai Weldon-istukkaan. (2, 183.)

Siilijyrsin

Siilijyrsimellä voidaan jyrsiä syviä tasoja ja uria. Siilijyrsimissä käytetään terinä kovametallisia kääntöteriä, jotka on sijoitettu useampaan riviin päällekkäin, joka mahdollistaa erittäin tehokkaan lastuamisen. Siilijyrsimet kiinnitetään yleensä otsajyrsintuurniin. (2, 183.)

U-pora/kääntöteräpora

U-poraa käytetään jyrsinkoneella poraukseen suurilla syöttönopeuksilla. U-porissa käytetään joko ulkoista lastuamisnesteen syöttöä tai niissä on kanavat leikkuunesteen syöttöön, jotka ulottuvat poran kärkeen. Porissa käytetään terinä kovametallisia kääntöteriä. Kiinnitys tapahtuu yleisimmin Weldon-istukoihin, myös muita kiinnityksiä käytetään. (24.)

Kanavapora

Kanavaporilla voidaan porata syviä reikiä. Niissä on lastuamisnesteen syötölle kanavat. Kanavilla saadaan syötettyä leikkuuneste porauksessa syvälle reiän pohjaan. Syöttämällä reikään porauksen aikana nestettä paineella taataan tehokas jäähdytys ja lastunpoisto. Porat valmistetaan yleensä pikateräksestä ja niissä käytetään suorituskykyä

parantavia pinnoitteita. Erilaisia kovametallisia poria on myös saatavilla. Kanavaporat kiinnitetään istukkaan, jossa on nesteen syöttökanavat. (2, 183.)

Avarrin

Avartimia käytetään reikien suurennukseen. Avartimia on saatavana monen kokoisilla halkaisijoilla. Avartimet voidaan kiinnittää mallista riippuen otsajyrsintuurniin, Weldon-istukoihin ja pienempiä avartimia, jopa holkki-istukoihin. Halkaisijaa säädetään avartimissa tarkalla mikrometriruuville. Suuremmat halkaisijan muutokset voidaan tehdä vaihtamalla avartimeen eripituisia terävarsia. Säädetävillä avartimilla päästään erittäin tarkkoihin mittatuloksiin. Terämateriaalit ja terämallit joita avartamisessa käytetään, ovat samantyyppisiä kuin sorvauksessakin. Kovametallisia kääntöteriä käytetään rouhinnassa, viimeistelyssä ja muotojen avarruksessa. Pikateräksestä hiottuja teriä, käytetään useasti avartamisen yhteydessä muototerinä ja pistoterinä. Avartimissa voi olla myös syöttö mahdollisuus, jonka avulla voidaan koneistaa tasopintoja. Alla olevassa kuvassa on esitetty erilaisia erikoisjyrsimiä. (2, 241–243.)



Kuva 42. Erikoisjyrsimiä (12)

9.6 Työkappaleen kiinnitys jyrsinkoneella

Työkappaleen oikeanlainen ja turvallinen kiinnitys jyrsinnässä on erittäin tärkeää. Seuraavia kiinnitystapoja käytetään jyrsinnässä, kuten pöytään kiinnitystä, koneruuvipuristimeen kiinnitystä, kulmatasoon kiinnitystä, V-kappaleeseen kiinnitystä, jakopäähän kiinnitystä ja pyöröpöytään kiinnitystä. Kappaleen kiinnitystä varten voidaan myös valmistaa yksilöllisiä kiinnittimiä eli niin sanottuja jigejä. (2, 190–193.)

Pöytään ja koneruuvipuristimeen kiinnitys

Työkappale kiinnitetään joko suoraan pöytään tai koneruuvipuristimeen samoilla periaatteilla ja menetelmillä kuin porauksessa, huomioiden erityisesti kuitenkin lastuamisvoimat ja niiden suunnat, työstömenetelmä, työstössä käytettävä työkalu ja työstöarvot.

Kulmatasoon kiinnitys

Kulmatasoja on saatavana kiinteitä ja kulmaan aseteltavia malleja. Kulmataso kiinnitetään pöydän T-uriin kiinnittimillä tai ruuveilla. Se asetetaan suoraan pöydän T-uriin sopivilla toppareilla tai mittakellolla kellottamalla. Joissain malleissa voi olla pohjassa T-uraan sopivat kiilat, joiden avulla kulmataso asettuu suoraan pöydän suuntaisesti. Vaikka kulmakappale asetettaisiin kiilojen tai toppareiden avulla, tulisi sen heitotomuus todeta aina mittakellolla. Työstettävä työkappale kiinnitetään kulmatasoon mallista riippuen, joko kierreikiin tai T-uriin. Työkappaleen suoruus tarkistetaan mittakellolla. (2, 192.)

V-kappaleisiin kiinnitys

V-kappaleisiin voidaan kiinnittää ulkopinnaltaan pyöreitä työkappaleita. V-kappaleet asetetaan suoraan T-urien mukaisesti samoin kuin kulmataso. V-kappaleita käytetään, kun jyrsitään esimerkiksi eripituisia kiilauria akseleihin. (2, 192.)

Jakolaitteisiin ja pyöröpöytään kiinnitys

Työkappaleen kiinnitystä varten jakopäissä on yleensä kolmi- tai nelileukaistukka. Pyöröpöydissä työkappaleen kiinnitys tapahtuu istukoihin tai T-uriin kiinnitysradoil-

la mallista riippuen kumpi kiinnitys siinä on. Jakolaitte tai pyöröpöytä kiinnitetään jyr-sinkoneen pöytään T-uriin joko kiinnitysruuveilla tai kiinnitys raudoilla. Kiinnitettäs-sä akseleita jakolaitteeseen voidaan käyttää toisen pään tukena keskiökärkiä. Työkapp-pale tulee keskittää tarkkuudesta ja kiinnitystyyppistä riippuen mittakellolla kellotta-malla, mittaamalla tai ohjaintapilla. Jyrsinnän tai porauksen aloituspiste asetetaan kohdalleen käyttäen keskiökärkeä tai terällä ja koneen mittalaitteilla. Jakolaitteissa ja pyöröpöydissä voi olla myös työkappaleen kulmaan kääntö mahdollisuus. (2, 192.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä erilaisia työkappaleen kiinnitysvälineitä jyrsinko-neelle.



Kuva 43. Työkappaleen kiinnitysvälineitä (11)

9.7 Työstöarvot jyrsinnässä

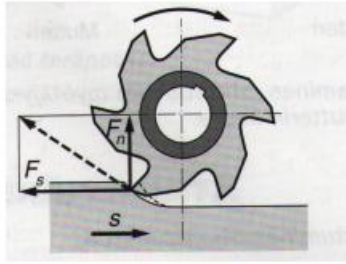
Oikeilla työstöarvoilla työskentely on tärkeää myös jyrsinnässä. Käytettäessä oikeita työstöarvoja työskentely voidaan suorittaa sujuvasti, terien kestoikä pitenee ja työnlaatu paranee. Työstöarvot määritetään jyrsinnässäkin, joko laskemalla tai käyttämällä apuna nomogrammeja. Pyörimisnopeus jyrsittäessä määritetään työkalun halkaisijan mukaan. Jyrsinkoneen pyörimisnopeus [m/min] tarkoittaa pääkaran pyörimisnopeutta. Lastuamisnopeutta [m/min] määrittäessä tulee huomioida työstettävän kappaleen materiaali, ainesvahvuus ja kiinnitys. Kovat ja sitkeät työstettävät materiaalit koneistetaan pienemmillä lastuamisnopeuksilla ja pehmeämmät suuremmilla nopeuksilla. Käytettäessä työstön aikana katkeamatonta jäähdytystä voidaan työstää yleensä suuremmilla nopeuksilla. Terien kulumista voidaan vähentää ja pinnanlaatua parantaa käyttämällä oikeita lastuamisnopeuksia. Syöttönopeus jakautuu jyrsinnässä kahteen eri

syöttöön, jotka ovat pöytäsyöttö [mm/min] ja hammaskohtainen syöttö [mm/hammas]. Jyrsinterällä lastuaminen tapahtuu aina katkonaisesti, joten oikean syöttönopeuden määrittäminen on erittäin tärkeää pinnanlaadun ja terien keston kannalta. Hammaskohtainen syöttö on se matka, jonka työkalun terän yksi hampaista kulkee yhden työkalun kierroksen aikana. Yksittäisen terän lujuus on aina rajallinen, joten valittu hammassyöttö ei saa olla liian suuri. Hammaskohtainen syöttö voidaan määrittää valmiista taulukoiden ohjeista. Pöytäsyöttö on pöydän liike. Pöytäsyötön nopeus voidaan ainoastaan määrittää, kun tiedetään hammaskohtaisen syötön arvo. Lastuamislevydestä ja syvyydestä puhuttaessa, tarkoitetaan terän poistamaa ainesmäärää, kun asetetaan terää uuden ja vanhan työstöpinnan välillä. (2, 194–197.) Yleisimmät jyrsinnässä käytettävät laskentakaavat selviävät liitteestä 2.

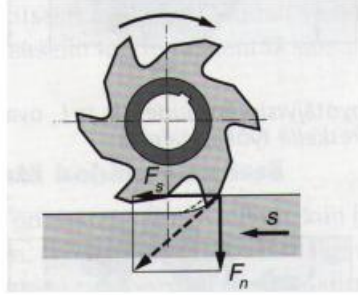
9.8 Jyrsinnässä vaikuttavat voimat

Lastuamisvoimien suunta ja suuruus muuttuvat hetkittäin aina työstön aikana, johtuen lastunpaksuuden ja terän leikkuusuunnan äkillisistä muutoksista. Tärkeimpinä huomioitavina vaikuttavista voimista voidaan pitää syöttöliikkeestä aiheutuvaa syöttövoimaa F_s , joka vaikuttaa työkappaleeseen ja normaalivoimaa F_n , joka vaikuttaa kohtisuoraan syöttövoimaa vastaan. Nämä voimat yhdessä vaikuttavat jyrsinterään, työkappaleeseen, työkappaleen kiinnitykseen, jyrsinterän kestoikään, ja jyrsinkoneen tehon tarpeeseen. Jyrsinnässä vaikuttavien voimien takia työkappaleen kiinnityksen on oltava mahdollisimman tukeva, terän ominaisuuksien ja asetusten on oltava oikeanlaiset, terä tulee kiinnittää mahdollisimman tukevasti ja syötön suunta tulee valita edullisimmaksi. (2, 200.) Leikkuuvoimiin vaikuttavat oleellisesti myös käytettävät työstöarvot, työstettävä materiaali ja sen ominaisuudet, lastun poikkipinta-ala, terän ominaisuudet, terän kiinnitys, työkappaleen kiinnitystapa ja jäähdytys. (24.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä syöttövoima ja normaali voima myötä- ja vastajyrsinnöissä lieriöjyrsimellä.

Terään ja työkappaleeseen kohdistuvat lastumisvoimat lieriöjyrsimellä jyrättäessä



Syöttövoima F_s ja Normaalivoima F_n vastajyrsinnässä.

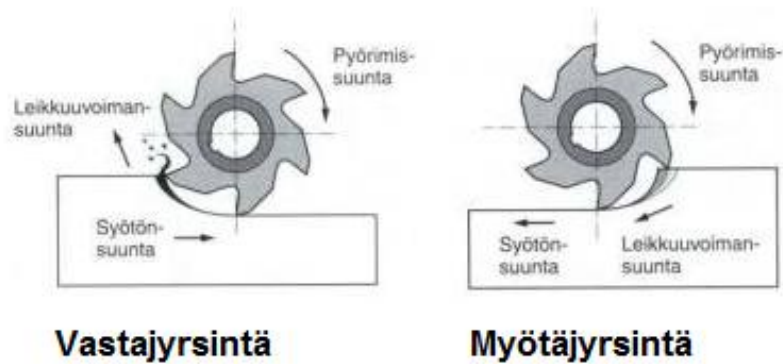


Syöttövoima F_s ja normaalivoima F_n myötäjyrsinnässä.

Kuva 44. Syöttövoima ja normaalivoima lieriöjyrsimellä jyrättäessä (2, 200)

9.9 Yleisimmät työstömenetelmät jyrsinkoneella

Työvaiheet jyrättäessä ovat samat kuin sorvauksessa eli rouhinta, puolikarkea koneistus ja viimeistely. Jyrättä voidaan suorittaa tapauksesta ja olosuhteista riippuen, joko myötä- tai vastajyrsintänä. Myötäjyrsinnässä terän pyörimissuunta ja työkappaleen syöttösuunta ovat samansuuntaiset. Vastajyrsinnässä puolestaan terän pyörimissuunta ja työkappaleen syöttösuunta ovat vastakkaiset. Myötäjyrsintää suositellaan yleisimmin käytettäväksi, jos kone on välyksetön, työkappaleen kiinnitys on hyvä tai työkappaleen muoto ja paksuus sallii sen käytön. Vastajyrsintää käytetään, jos koneessa on paljon välystä tai työvarat työkappaleessa vaihtelevat laajasti. Jyrättäessä käytettäviä työstömenetelmiä ovat kulmajyrsintä, taso- ja muotojyrsintä, urajyrsintä, reikien ja syvennyksien valmistus, viistejyrsintä ja erilaisten jakojen jyrättä esimerkiksi hammaspyöriin. Alla olevassa kuvassa on esitetty myötä- ja vastajyrsintän periaate. (2, 198.)



Kuva 45. Myötä- ja vastajyrsinnä periaate (2, 198)

Kulmajyrsintä

Kulmajyrsinnässä eli olakkeiden ja tasojen tai pelkästään sivujen jyrsinnässä koneistetaan yksi pinta tai kaksi pintaa samanaikaisesti. Työstö tapahtuu työkappaleen sivupinnassa tai vaihtoehtoisesti sivu- ja tasopinnalla. Jyrsintyökalujen pitää soveltua kahden eri työstöön, joita ovat kehä- ja otsajyrsintä. Työstettäessä jyrsinterän lieriöpinta suorittaa sivupinnan lastuamisen ja otsapinta tasoittaa tasopinnan. Syöttöliikkeet jyrsinnän aikana voivat tapahtua kahdessa suunnassa eli pituus- tai poikittaissuunnassa. Työkappaleesta koneistettavan kulman on oltava työstä ja vaatimuksista riippuen tarkasti 90° , jolloin terän asetuskulmankin on oltava tarkasti 90° . Terien asettamisessa tulee huomioida aina tarkasti se, että terä on kohtisuoraan työstöpintaa vastaan. (2, 209–210.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä kulmajyrsinnän osa-alueet.



1. Olakkeiden ja tasojen jyrshintä
2. Sivu/kehäjyrshintä
3. Seinämien jyrshintä

Kuva 46. Kulmajyrsinnän osa-alueet (24)

Tasojyrsintä

Tasojyrsinnällä valmistetaan työkappaleiin tai niiden osiin erilaisia tasopintoja. Tasojyrsintä on kaikista jyrsinässä käytetyistä työstömenetelmistä yleisin. Syöttöliikkeet voivat tapahtua tasojyrsinässä pitkittäis- tai poikittaisliikkeellä. Tasojyrsinässä käytetään useasti teräpäitä, jotka ovat 45° asetuskulmalla (2, 209–210.). Tasojyrsinässä voidaan käyttää myös työstä ja sen vaatimuksista riippuen lieriöjyrsimiä, pyöreäteräisiä jyrsimiä, kulmajyrsimiä ja kiekkojyrsimiä. Tasojyrsintä jaotellaan Sandvik Coromant (24.) mukaan seuraavasti, joita ovat yleinen tasojyrsintä, suurilla syötöillä jyrshintä, raskastasojyrsintä ja viimeistely. Alla olevassa kuvassa on esitettynä tasojyrsinnän osa-alueet.

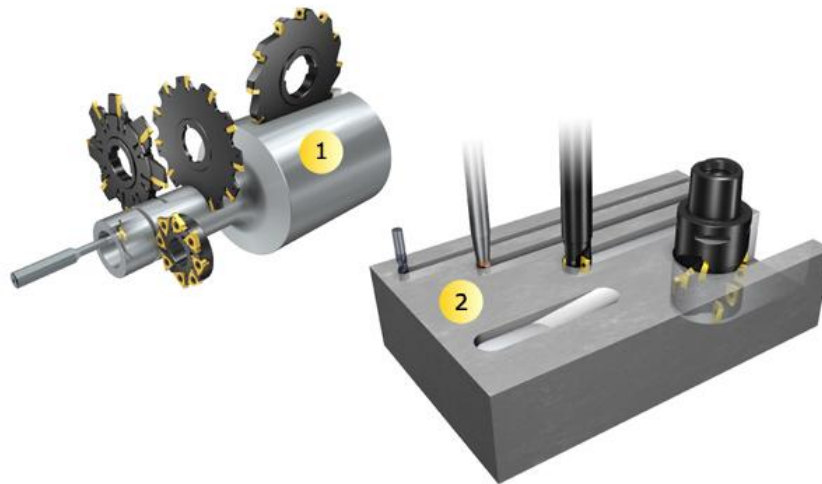


1. Yleinen tasojyrsintä
2. suurilla syötöillä jyrsintä
3. Raskas tasojyrsintä
4. Viimeistely

Kuva 47. Tasojyrsinnan osa-alueet (24.)

Urien jyrsintä

Urien jyrsintämenetelmä soveltuu esimerkiksi kiilaurien, urien, kolojen, syvennyksien ja pitkien reikien jyrsintään. Erilaisien urien jyrsinnässä käytetään työkaluina erilaisia varsijyrsimiä, rouhintajyrsimiä, T-urajyrsimiä, lohenpyrstöjyrsimiä, kääntöterävarsijyrsimiä ja siilijyrsimiä, kiekkojyrsimiä, sahajyrsimiä ja muotojyrsimiä. Uria jyrsitään pituus- ja poikittaissunnissa. Läpiuria voidaan jyrssiä monella työkalulla, mutta pätyjen keskelle tulevissa urissa joudutaan käyttämään poraavia työkaluja. Alla olevassa kuvassa on esitettyä urien jyrsintämenetelmiä. (2, 210–211.)



1. Uran jysintä varsijysimillä
2. Uran jysintä Kiekkojysimillä

Kuva 48. Urien jysintämenetelmiä (24)

Poraus, väljennys, kalvinta, upottaminen ja kierteitys jysinkoneella

Jysinkoneessa voidaan myös porata, väljentää, kalvia, upottaa ja kierteittää. Terät ja työvälineet kiinnitetään joko pysty- tai vaakakaralle morsekartiotuurnaen, kiristysholkki-istukkaan, poraistukkaan tai kierteitysisrukkaan. Syöttöliike työstön aikana voidaan suorittaa joko käsin tai koneellisesti pysty- tai poikittaisliikkeellä työkappaleen asennosta ja työkalusta ja sen koosta riippuen. Syöttönopeudet käytettäessä poraavia työstömenetelmiä määritetään yleensä aina laskemalla, koska syöttönopeutta ei voida valita suoraan jysinkoneen syöttövaihteiston vivustosta. Syöttönopeus laskeaan poralle sopivan valitun pyörimisnopeuden ja jysinkoneen syöttönopeuden mukaisesti. (2, 213.)

Avarrus

Avartamista käytetään työstömenetelmänä jysinkoneella, kun halutaan valmistaa työkappaleisiin tarkkoja yhdensuuntaisia reikiä, pyörityksiä tai monia samansuuntaisia reikiä ja pyörityksiä. Avartamisessa terä kiinnitetään säädettävään avarruspäähän tai avarrusvarteen eli avarrustankoon. Avartaminen voidaan jakaa kahteen työstövaiheeseen rouhintaan ja hienoavarrukseen. Rouhinnalla materiaalia poistetaan reiästä tehokkaasti, käyttämällä suuria työstöarvoja ja lastuamissyvyyskäsiä. Hienoavarruksella puolestaan viimeistellään rouhittu tai muuten lähelle valmista mittaa työstetty reikä to-

leranssin, sijainnin ja pinnankarheuden saavuttamiseksi. Hienoavarruksessa työstöarvot ja lastuamissyvytydet ovat pieniä. Avarruspäät kiinnitetään työstön suunnasta ja työkappaleesta riippuen joko koneen pysty- tai vaakakaralle. Avartimilla koneistettavat reikien halkaisijat voivat olla pienimmillään 10 mm:ä ja suurimmillaan jopa 1300 mm:ä. Halkaisijan säätö avarruspäissä tapahtuu mikrometriruuvin avulla. Halkaisijaa voidaan myös tietyissä malleissa karkeasti muuttaa suuremmaksi tai pienemmäksi vaihtamalla siihen eripituisia terävarsia. Avarruspäihin on saatavilla monenlaisia ja muotoisia teriä ja varsia eri käyttötarkoituksia varten. Työkalun suoraviivainen syöttö tapahtuu koneellisesti työkappaleen kiinnityksestä riippuen pysty- tai poikittaisliikkeillä. Avartimet keskitetään, joko mittakellolla tai terällä ja koneen mittalaitteilla.

Syöttävällä avarruspäällä voidaan syöttää terää säteen suuntaisesti, joka mahdollistaa myös erilaisten tasopintojen koneistuksen. Terän syöttö tapahtuu joko käsin syöttöviivasta tai automaattisesti, joissakin malleissa on pysäyttimellä toteutettu automaattinen takaisinsyöttö, kun valmis säädetty halkaisija saavutetaan. (2, 241–243.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä avartamista erityyppisillä avartimilla.



Kuva 49. Avartaminen erilaisilla työkaluilla

Jakaminen jyrsinkoneella

Jakamista ja erilaisia jakolaitteita käytetään tasajakoisten reikien, urien ja erilaisten muotojen valmistukseen. Jakamisessa käytetään työstä ja työkappaleesta riippuen työstökoneen mittalaitteita tai lisälaitteena jakopäätä tai pyöröpöytää. Jakolaitteilla ja jyrsinkoneella voidaan suorittaa seuraavat jaot, kuten välitön eli suorajako, välillinen jako, kulmajako, differentiaalijako ja pituusjako. Jaettavien työkappaleiden keskittäminen on myös erittäin tärkeää. Keskittämisessä voidaan käyttää apuna mittaa, kes-

kiökärkiä tai ohjaustuurnia. (2, 201–205.) Alla olevassa kuvassa on esitettyä erilaisia jakamiseen tarkoitettuja työvälineitä.



Jakopää T-urakiinnityksellä kulmaankäntö mahdollisuudella



Pyöröpöytä T-urakiinnityksellä



Jakopää kolmileukaistukalla pysty- ja vaakatasoon kiinnitys mahdollisuudella varustettu pikajako levyillä



Jakolaite kulmaankäntö mahdollisuudella lisävarusteena jakolevyt ja keskiökärki

Kuva 50. Jakamisessa käytettäviä työvälineitä (11)

Yleisimmät viat jyrsinän aikana

Lastuttaessa erilaisilla jyrsimillä voi aiheutua vikaa ja ongelmia työstettävästä materiaalista ja sen ominaisuuksista, väärästä terävalinnasta, työstöarvoista, työstöolosuhteista ja huonosta terän tai työkappaleen kiinnityksestä. Tyypillisimmät viat jyrsinän aikana ovat terien kuluminen, värinä, lastutukos, lastujen uudelleen leikkautuminen, värinä, huono pinnanlaatu, jäysteiden muodostus ja koneen liian pienet tehot. Terien kulumistyyppit ovat jyrsinässä samat kuin sorvauksessakin. Kulumistyyppit on esitetty tarkemmin kappaleessa 12. (24.)

10 NC-TYÖSTÖ

10.1 NC-työstöstä yleisesti

NC-työstö (Numerical Control) on numeerisella ohjauksella varustetulla työstökoneella työstöä. Tässä yhteydessä puhutaan NC-työstöstä 2-akselisella sorvilla ja 3-akselisella työstökeskuksella. Työstökoneen toiminnanohjausjärjestelmän avulla voidaan muuttaa koneen ohjaukselle annetut erilaiset kirjaimin ja numeroin esitetyt käskyt työstökoneen ja apulaitteiden toiminnoiksi ja toimintaliikkeiksi. Työstöliikkeet on työstökoneissa toteutettu servo-ohjattujen vaihtovirtasähkömoottoreiden ja kuularuuvien avulla, joilla koneen luisteja eli sen liikeakseleita liikutetaan. Muita toimintoja käytetään ohjauksen avulla sähköisesti, pneumaattisesti tai hydraulisesti. NC-koneilla voidaan valmistaa erilaisia työkappaleita yksittäisinä tai sarjatuotantona. Työstöohjelma, jolla työkappale valmistetaan, laaditaan koneen ohjaukselle käsin tai tietokoneella. Työstöohjelman ollessa täysin valmis se siirretään, joko käsin tai jollain tiedonsiirtovälineellä NC-koneen muistiin, josta sitä voidaan käyttää työstössä. NC-koneiden käyttäjien tulisi osata valmistaa työkappale ohjelmoinnista alkaen itsenäisesti, joten heidän tulee osata työstöohjelman laatiminen, tietää ja tuntee käyttämiensä koneiden toiminnot ja käyttötavat sekä osata käyttää työkaluja, apulaitteita, mittavälineitä ja muita koneeseen ja sen käyttöön liittyviä laitteita. Myös koneiden päivittäiset huoltotoimenpiteet kuuluvat koneiden käyttäjille. (2, 248–251.)

10.2 NC-koneiden toiminnot ja niiden ohjaus

Numeerisella ohjauksella varustetuissa työstökoneissa eri toiminnoille suunnitellaan ja laaditaan työstöohjelma sekä tarvittavat koneen asetukset, joita se täysin automatisoidusti toteuttaa. Koneita voidaan käyttää vaihtoehtoisesti myös käsikäytöllä, kuten käytettäisiin manuaalisiakin työstökoneita. Työstöohjelmaan, jonka mukaisesti työkappale valmistetaan, laaditaan kaikki tiedot tarkkaan, joita työstettävän kappaleen tai sen jonkin osan valmistamiseen tarvitaan. Liike- ja toimintakäskyt määritellään ohjelmaan yksinkertaisilla numero- ja kirjainkoodeista muodostuvilla lauseilla. Ohjelmaa laadittaessa ja suunniteltaessa käydään jokainen työkappaleen valmistukseen tarvittava toiminto, liike ja työvaihe tarkasti läpi, koska koneen ohjausyksikkö antaa kaikki toimintakäskyt koneen toiminnoille, sille laaditun ja syötetyn työstöohjelman mukaisesti. Ohjausyksikköön tulee syöttää kaikki tarvittavat tiedot teristä, työstöarvoista työjärjestyksistä, liikeradoista ja muista halutuista toiminnoista (2, 249). Liikeratojen ohjel-

moinnissa käytetään, joko absoluuttista tai inkrementaalista ohjelmointia. Absoluuttisella ohjelmoinnilla, joka on näistä kahdesta ohjelmointitavasta käytetyin, voidaan konetta liikuttaa koordinaatiston nollapisteen suhteessa määriteltyjen pisteiden mukaisesti. Inkrementaalisisella ohjauksella puolestaan liikkeet tapahtuvat työkalun edellisen pisteen koordinaatin eli aseman mukaan. Yleisimmät NC-koneiden ohjauksien valmistajat ovat Fanuc, Siemens, Mazak ja Heidenhain. (4, 51–52.)

10.3 Yleisimmät lastuavat NC-työstökoneet

Seuraavissa lastuavissa työstökoneissa voidaan käyttää numeerista ohjausta, kuten sorveissa, koneistuskeskuksissa, avarruskoneissa, jyrsimissä, porakoneissa, sahoissa, hiomakoneissa ja erikoistyöstökoneissa. numeerista ohjausta käytetään myös monessa muussa teollisuuden laitteessa. (2, 251.)

10.4 NC-sorvi

Numeerinen ohjaus voidaan asentaa nykyisin melkein kaikentyypisiin sorveihin. Nykyään myös monia manuaalikoneita automatisoidaan. Yleisimpiä käytettyjä NC-sorvityyppejä ovat 2-akselinen NC-sorvi, 4-akselinen NC-sorvi, monitoiminen NC-sorvi ja NC-ohjattu kärkisorvi. NC-sorvin pääosia ovat ohjaustaulu, vino - tai suora-johteinen jäykkä runkorakenne, kara, jossa istukka on varustettu hydraulisilla kiinnitysleuoilla, portaattomasti säädettävät vaihtosähkömoottorit, lastunkuljetin, työkalurevolveri tai työkalumakasiini työkalujen kiinnittämistä ja vaihtoa varten. Työkappaleiden kiinnitys NC-sorveissa tapahtuu samoilla menetelmillä kuin manuaalisissakin sorveissa. Kiinnitysapuvälineet, kuten kärjet, tukilaakerit ja jakolaitteet liikkuvat NC-sorveilla ohjelmoitusti. Koneilla päästään erittäin tarkkoihin toleransseihin, mikäli vaatimustaso sen määrää. Koneistusajat voivat NC-sorveilla vaihdella kappaleen koosta riippuen minuuteista useampiin tunteihin. (4, 11–15.) Alla olevassa kuvassa on esitettyinä 2-akselinen NC-sorvi.



Kuva 51. 2-akselinen NC-sorvi Goodway GS-3000 (13)

10.5 NC-työstökeskukset

NC-työstökeskuksilla voidaan käyttää samoja työstömenetelmiä kuin manuaalisellakin jyrskoneella. Koneilla voidaan siis jyrsiä, avartaa ja porata. Koneistuskeskuksella voidaan valmistaa erittäin monimutkaisia työkappaleita. Koneistuskeskukset jaetaan tyyppinsä mukaan kahteen eri konetyyppiin karan asennon mukaisesti, jotka ovat vaakaja pystykaraiset koneistuskeskukset. Koneistuskeskusten pääosat ovat jäykkä runko ja sen kotelorakenne, moottori karan käyttöä varten, kolmen liikeakselin luistit ja niiden liikutukseen käytettävät kuularuuvit, kuularuuvien käyttömoottorit, rumpu- tai ketjumakasiini työkaluille, lastunkuljetin sekä ohjaustaulu, josta konetta sen toimintoja ohjataan ja käytetään. Koneilla päästään erittäin tarkkoihin toleransseihin, jos vaatimustaso on sellainen. Koneistusajat voivat koneistuskeskuksissa vaihdella työstä ja koneesta riippuen minuuteista jopa tunteihin. Työkappaleet voidaan työstökeskuksilla kiinnittää koneen pöytään tai apuvälineisiin samoilla menetelmillä kuin manuaalisilla jyrsimilläkin. Apulaitteita, kuten jakopäitä voidaan koneilla käyttää ohjelmoidusti. (4, 16–17.) Alla olevissa kuvissa on esitettyä vaakaja pystykaraiset NC-työstökeskukset.



Kuva 52. Vaakakarainen NC-työstökeskus Tajmac-ZPS H 63 (11)



Kuva 53. Pystykarainen NC-työstökeskus Yang EAGLE mws-600 (5)

10.6 Työkalut NC-sorvilla ja työstökeskuksella

Työkaluina NC-koneilla käytetään samantyyppisiä työkaluja kuin manuaalisilla sorveilla ja jyrskoneilla. Työkalujen kiinnittimet ja kiinnitystavat eroavat kuitenkin manuaalisien koneiden kiinnittimistä. (2, 251.)

Työkalut NC-Sorveilla

Yleisimmin NC-sorveissa on työkalujen kiinnitystä varten revolveri, johon työkaluja voidaan kiinnittää erityiseen pitimeen. Vaikka revolveriin mahtuu monta työkalua kerrallaan, vain yhtä työkalua voidaan käyttää kerrallaan työstön aikana. Työkalujen vaihtokäskyllä saadaan revolveri kääntymään ja haluttu työkalu käytettäväksi. Suuremmissa koneissa voidaan käyttää myös työkalumakasiinia, jossa voi olla jopa sata työkalupaikkaa. Monitoimisorveissa voidaan lisäksi käyttää pyöriviä jyrshintyökaluja ja työstää kahdella työkalulla samanaikaisesti. (2, 251.)

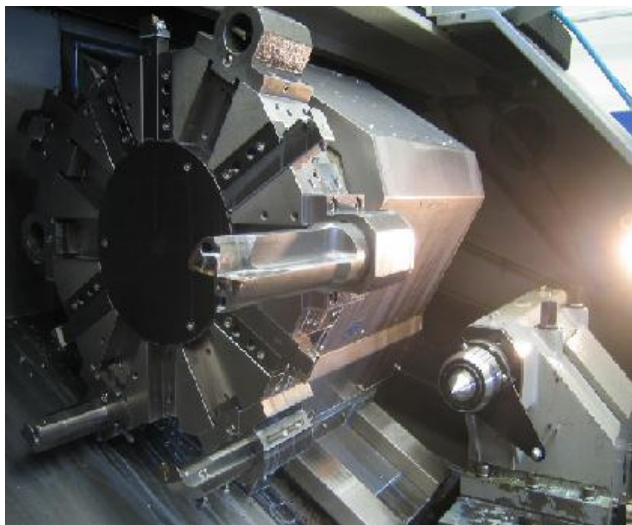
Työkalut NC-Työstökeskuksilla

Työstökeskuksilla työkalut asetetaan, joko pyöreään rumpumakasiiniin tai ketjumakasiiniin. Haluttu työkalu voidaan noutaa työkalukäskyllä sille määritellystä paikasta karalle käytettäväksi. Työkalu lukitaan karalle hydraulisella tai pneumaattisella lukituksella. Työkalujen paikoituksessa käytetään muuttuvaa tai kiinteää paikkakoodausta. Kiinteässä koodauksessa työkalu palaa aina samalle paikalle ja muuttuvassa koodauksessa työkalu palaa vapaaseen paikkaan, jonka koneen ohjaus muistaa. Rumpumakasiineihin mahtuu koneen koosta riippuen kymmeniä työkaluja ja ketjumakasiineihin mahtuu koneen koosta riippuen jopa satoja työkaluja kerrallaan. (4, 10–19.)

Työkalujen asetus

Työkalut tulee asettaa ja paikoittaa aina erittäin tarkasti NC-koneilla, johtuen työkalujen erimittaisuudesta, erityyppisistä malleista ja erilaisista koista. Terän asetustarkkuus vaikuttaa erityisesti työn tarkkuuteen ja sen esteettömään onnistumiseen. Parhaan työn lopputuloksen saavuttamiseksi terän nirkon tulisi kulkea aina tarkasti ohjelmassa määriteltä rataa pitkin. Nirkonsäteen kompensointia käytetään apuna ohjelmoinnissa, kun sorvataan tai jyrsitään erikoisempia muotoja. Kompensoinnilla terä saadaan kulkemaan tarkasti sille annetulla radalla eikä terän ja ohjelmoidun radan välille synny eroavaisuutta. Normaalien suorien pintojen työstössä terä kulkee aina ohjelmoitua rataa pitkin eikä sitä tarvitse mitenkään kompensoida. Koneen ohjaus tarvitsee aina tarkat tiedot työkalujen pituuksista ja halkaisijoista eli työkalunkorjaustiedoista eli asetuksista. Korjaustiedot syötetään, joko käsin ohjauspaneelistä tai esiasetuslaitteelta suoraan. Esiasetuslaite on laite, jolla terä asetetaan pitimeen ja mitataan. Korjainarvot syötetään absoluuttisesti tai inkrementaalisesti. Absoluuttisesti syötetty mittatieto ku-

moaa vanhan arvon uuden tieltä ja inkrementaalisesti syötetty mittatieto lisää tai vähentää jo olemassa olevaa arvoa. (2, 270–273.) Alla olevissa kuvissa on esitetty NC-sorvin työkalurevolveri ja NC-työstökeskuksen työkalumaksiini.



Kuva 54. Työkalu revolveri NC-sorvissa LTC-30 BPL (18)



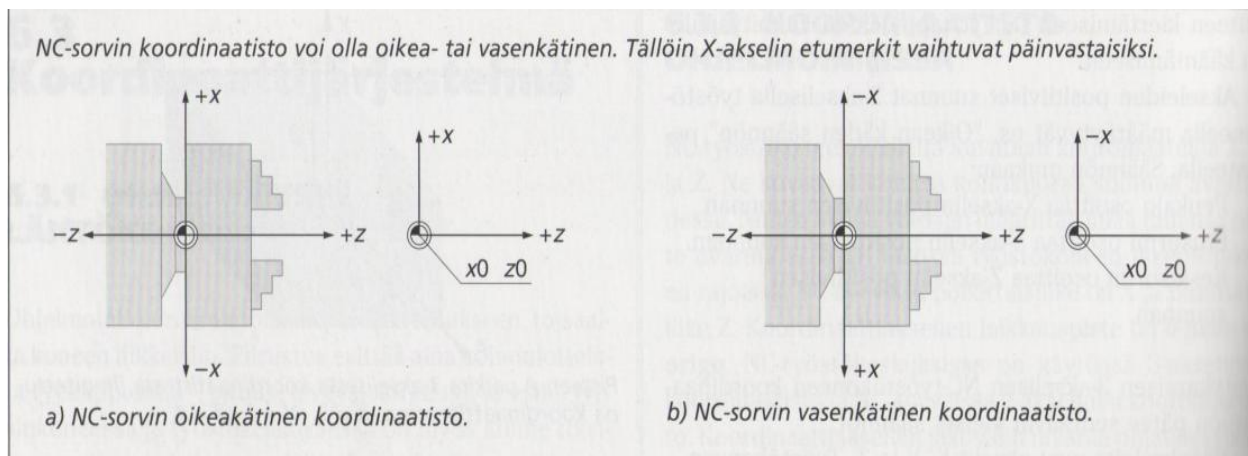
Kuva 55. NC-työstökeskuksen rumpumaksiini Yang EAGLE mws-600 (5)

10.7 NC-koneiden koordinaatisto ja liikeakselit

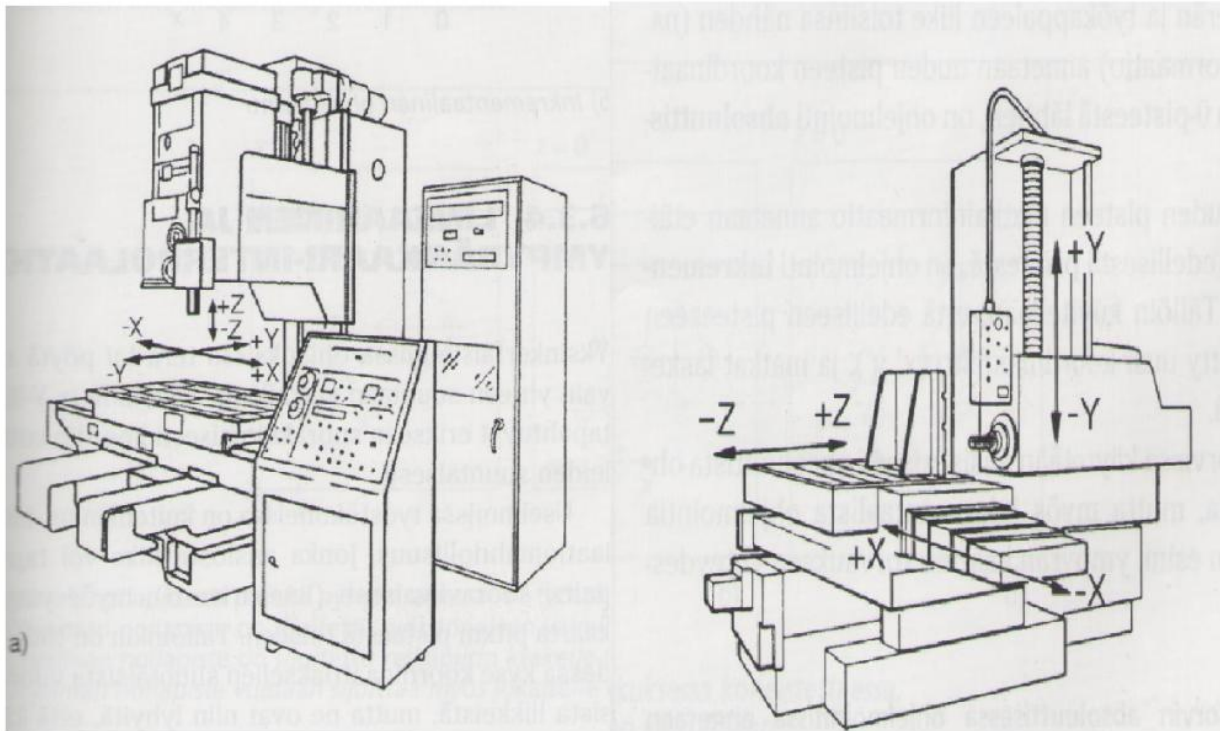
NC-työstökeskuksissa on kolme pääliikeakselia pitkittäis-, poikittais-, ja pystyliike, jotka ovat toisiaan vasten kohtisuorassa. NC-sorveissa näitä pääliikeakseleita on kaksi poikittais- ja pitkittäisliike. Liikeakseleilla on aina määritellyt rajat, jonka sisällä ne liikkuvat, kun nämä rajat huomioidaan kaikki liikkeet ja liikeradat voidaan toteuttaa missä tahansa kohdassa tai tasossa työstökoneella. Työstökeskuksilla liikkeet tapahtuvat 3-akselisessa koordinaatistossa ja sorveissa liikkeet toteutetaan 2-akselisessa koordinaatistossa. Koordinaatistossa positiivisella akselin liikkeellä siirretään työkalua

työkappaleesta pois päin ja negatiivisella akselin liikkeellä siirretään työkalua lähemmäs työkappaletta. (4, 50–53.)

NC-työstökeskukset liikkuvat koordinaatistossa pääliikeakseleillaan X, Y ja Z suunnissa ja NC-sorvit liikkuvat X ja Z suunnissa. NC-sorveissa poikittaisliikettä merkitään X-kirjaimella, pitkittäisliikettä merkitään Z-kirjaimella ja koordinaatistojen leikkauspiste on origossa. Pystykaraisissa NC-työstökeskuksissa poikittaisliikettä merkitään Y-kirjaimella, pitkittäisliikettä merkitään X-kirjaimella ja karan liikettä merkitään Z-kirjaimella. Vaakakaraisissa työstökeskuksissa poikittaisliikettä merkitään Z-kirjaimella, pitkittäisliikettä merkitään X-kirjaimella ja karan liikettä merkitään Y-kirjaimella. Pääliikeakseleiden suuntaiset kiertoakselit koordinaatistossa merkitään yleensä A-, B- ja C-kirjaimilla. Pääakseleiden suuntaisia toisia akseleita puolestaan merkitään U-, V- ja W-kirjaimilla. Lisälaitteiden toiminta-akselit merkitään koneen valmistajan ilmoittamalla tavalla. (2, 254–255.) Alla olevissa kuvissa on esitetty NC-sorvin ja NC-työstökeskusten koordinaatistot.

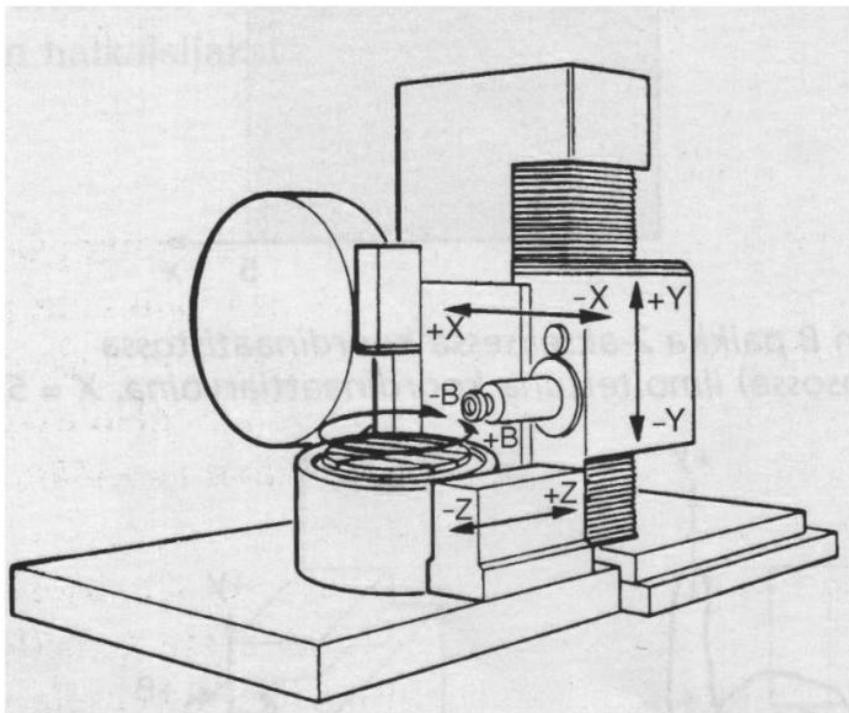


Kuva 56. NC-sorvin koordinaatisto (2, 256)



3-akselinen pystykarainen NC-työstökeskus

3-akselinen vaakakarainen NC-työstökeskus



4-akselinen vaakakarainen NC-työstökeskus

Kuva 57. Vaaka- ja pystykaraisien NC-työstökeskusten koordinaatitot (2, 255–256)

10.8 NC-koneiden nollapisteet

NC-työstökoneissa on käyttötarkoituksilleen erilaisia nollapisteitä. Pisteet sijaitsevat, joko kiinteässä paikassa tai ne voivat olla myös haluttuun paikkaan siirrettäviä. Nollapisteiden mukaan tehdään työstöohjelmaan paikoitukset eri liikeakseleille ja eri toi-

minnoille. NC-työstökoneen koordinaattijärjestelmä perustuu aina kiinteään nollapisteeseen. Mittausjärjestelmä ja muut nollapistet puolestaan perustuvat koneen tyyppin tai valmistajan määrittelemään omaan nollapisteeseen. (2, 257–258.) Seuraavassa on esitettyä erilaiset käytetyt nollapistet.

Referenssipiste

Referenssipiste sijaitsee NC-koneen koordinaatiston liikealueella, koneen valmistajan määrittelemän matkan päässä nollapisteestä. Tätä kiinteää pistettä käytetään mittausjärjestelmän tarkistuspisteenä. Aina työstökoneen käynnistyksen jälkeen kaikki liikkeet ajetaan referenssipisteeseen, josta kone saa tietää sijaintinsa nollapisteen suhteen. Referenssipisteeseen ajaminen voidaan suorittaa käskemällä ohjelmassa tai tarvittaessa myös käsiäjäolla. (2, 257.)

Ohjelman nollapiste

Ohjelman nollapisteen mukaan mitoitetaan työstöohjelmaan kaikki kappaleen valmistukseen tarvittavat mitat ja muodot. Nollapiste voidaan halutessa määrittää mihin tahansa, mitoituksen, työstön ja ohjelmoinnin kannalta edulliseksi todettuun paikkaan. NC-sorveilla mitoituksen aloituspaikkana on yleensä helpointa käyttää työkappaleen etupintaa karan keskiakselilla. Työstökeskuksissa nollapisteen paikkana voi olla esimerkiksi työkappaleen jokin valmis nurkka tai mahdollisen reiän paikka. Korkeussuunnassa työstökeskuksilla nollapiste määritellään yleensä työkappaleen tasopinnan mukaan. (2, 258.)

Työkalun nollapiste ja vaihtopiste

Työkalun nollapiste on se piste, jonka suhteessa työkalujen tarvittavat korjaintiedot annetaan ohjaukselle ja otetaan sieltä käyttöön. Työkalun vaihdossa tulee aina huomioida, että joka puolella terää on riittävästi tilaa vaihdon suorittamiseen. Työkalun vaihtopiste voidaan määrittää haluttuun sille sopivaksi todettuun kohtaan. Työkalu voidaan vaihtaa halutessa myös referenssipisteessä. Yleisin tapa on, että työkalun vaihtopiste määritetään ohjelman aloituspisteeseen. (2, 258.)

10.9 NC-koneiden ohjaustyypit

NC-koneissa voidaan käyttää kolmenlaista ohjaustyyppeä pisteohjaus, janaohjaus ja rataohjaus. Rataohjausta käytetään nykyään yleisimmin. (4, 21.)

Pisteohjaus

Pisteohjauksessa tulee aina tietää paikkakoordinaattien piste, johon terän halutaan milloinkin liikkuvan. Siirtymisliike voidaan suorittaa pikaliikkeellä pääakselien suunnassa tai kahden akselin yhtäaikaisena liikkeenä. Liikkeen aikana ei voi koskaan työstää. Työstöliikkeet suoritetaan tällä ohjauksella aina työkalun paikoituksen jälkeen. (4, 21.)

Janaohjaus

Janaohjauksella työstäminen on mahdollista myös liikkeen aikana, kuitenkin vain yhden koordinaattiakselin suunnassa kerrallaan. (4, 21.)

Rataohjaus

Rataohjauksessa voidaan työstää käyttäen useita eri koordinaattiakselin liikkeitä samanaikaisesti. Rataohjauksella toteutetut työstöliikeradat ovat suoraviivaisia tai ympyränkaarimaisia. Ohjelmoitava liikerata voi olla työstettävästä muodosta riippuen myös ellipsi tai parabeeli. Käytettäessä Interpoloinnin G-käskyä hyväksi rataohjauksessa, saadaan työkalu liikkumaan tarkemmin halutulla nopeudella sille määritellyllä radalla, joko lineaarisesti tai ympyränkaarimaisesti. Luistien liikenopeudet saadaan suhteutettua interpoloinnilla sopiviksi toisilleen, joka vaikuttaa radan erityiseen liike tarkkuuteen. Interpolointityypit ovat lineaari-interpolointi, ympyränkaari-interpolointi ja kierukka-interpolointi. (4, 21.)

10.10 NC-työstökoneen käyttö

NC-työstökoneita käytetään sen ohjaustaululta. Ohjaustaulut voivat olla ulkoisesti erinäköisiä, mutta yleisesti kaikki toiminnot niissä on samat. Kytkimien merkitys esitetään valmistajasta riippuen käyttöpaneelissa, joko tekstillä tai symboleilla. Ohjaustauluissa käytetyt symbolit ovat aina standardisoituja. Koneita voidaan käyttää taulus-

ta, joko manuaali- tai automaattikäytöllä. Koneen käyttötapa valitaan aina ohjaustaulun käyttötapa kytkimillä. (2, 259–261.)

Automaattikäyttö

Automaattikäytöllä konetta käytetään sen muisti- eli MEMORY-tilassa. Automaattikäyttöä käytetään koneissa yleisimmin. Se mahdollistaa työkappaleen valmistuksen automatisoidusti työstökoneen muistiin kirjoitetun ja tallennetun NC-ohjelman avulla. Työkappale valmistetaan työstä riippuen yhdellä kiinnityksellä tai ohjelmassa voi olla myös pysäytys, jolloin työkappale voidaan kääntää. Automaattikäytöllä kone tekee aina käskyjen mukaiset työvaiheet siinä järjestyksessä, kun ne on sille laadittuun työstöohjelmaan syötetty, joten ohjelman tulee olla hyvin suunniteltu ja laadittu. Seuraavia toimintoja NC-koneella voidaan suorittaa automaattikäytöllä, kuten ohjelman käynnistys, syötön pysäytys, syöttönopeuden valinta, pyörimisnopeuden valinta, lausekerrallaan ajo testiajo, lauseen ohitus ja koneen/ohjauksen lukitus. (4, 31.)

MDI-tila

MDI-tilassa (Manual Data Input) syötetään käsin koneen ohjaukselle ohjelmien ja muiden tarvittavien asetusten tiedot. Ohjaukselle syötetyt tiedot, kokonainen ohjelmalause tai ohjelman pätkä toteutetaan työstökoneella, kun ne ovat todettuja täysin valmiiksi käyttöön. Seuraavia toiminnot voidaan suorittaa MDI-tilassa, kuten karan käynnistys, työkalun vaihto, työkalun paikoitus haluttuun asemaan, syöttöliikkeiden suoritus halutulla syöttönopeudella. (4, 33.)

TAPE eli DNC-tila

TAPE eli DNC-tilassa voidaan työstöohjelmaa ajaa suoraan erillisen tietokoneen muistista, kyseisen työstöohjelman ollessa liian pitkä NC-koneen muistiin tallennettavaksi. (4, 26.)

EDIT-tila

EDIT-tilassa korjataan tai muutetaan muistissa tai käytössä olevaa ohjelmaa. Myös uusi ohjelma tai sen osa voidaan syöttää ja tallentaa koneelle EDIT-tilassa. (4, 33–34.)

MEMORY PROTECT

MEMORY PROTECT-kytkin suojaa työstökoneen muistin. Tätä toimintoa pidetään aina päällä, kun työstöohjelma on käytössä. Muokattaessa ohjelmaa muistin suojaus pitää kytkeä pois päältä. Lukitus suojaa ohjelmaa ja työstökoneita vahingossa tehtäviltä muutoksilta tai virheiltä. (4, 27.)

Manuaali- eli käsikäyttö

Manuaalikäytöllä eli käsikäytöllä NC-koneen käyttö on hyvin samanlaista kuin manuaalikoneessakin. Käsikäytöllä koneen luisteja ohjataan käsin käsipyörällä, syöttökytkimillä tai pikaliikkeellä. Valinnat käsikäyttökytkimessä ovat HANDLE, JOG, RAPID ZNR. Seuraavia toimintoja voidaan suorittaa manuaalikäytöllä, kuten työkalun paikoitukset haluttuun pisteeseen, työkalun irrotus ja kiinnitys, karan pyöritys molempiin suuntiin, luistien liikkeiden ohjaus syöttöliikkeellä, pikaliikkeellä ja pulssipyöräkäytöllä. (4, 32–33.)

HANDLE-tila

HANDLE-tilassa konetta käytetään käsikäytöllä pulssipyörällä. Käsikäytön syöttönopeutta voidaan muuttaa halutuksi. Luisti liikkuu pulssien avulla. Luistin liikesuunta määräytyy pyörityssuunnan mukaisesti. Handle-käyttöä voidaan käyttää esimerkiksi, kun konetta paikoitetaan tarkasti. (4, 32–33.)

JOG-tila

JOG-tilassa konetta voidaan käyttää käsikäytöllä käsikytkimillä. Syöttönopeus voidaan valita erikseen kierokytkimestä tai digitaalisesti. Luistien liike on tasaista, kun käytetään käsikytkimiä. (4, 32–33.)

RAPID-tila

RAPID-tilassa voidaan liikuttaa koneen luisteja eli akseleita pikaliikkeellä. Liikenopeus voidaan valita pikaliikkeellä, joka tapahtuu prosentteina. (4, 32–33.)

ZNR-tila

ZNR-tilassa koneen kaikki liikeakselit ajetaan referenssipisteeseen. Referenssipisteeseen ajo tehdään aina ennen työstöohjelman läpiajon aloitusta. (4, 32–33.)

10.11 Työstöohjelma

Työstöohjelma tulee aina suunnitella hyvin. Valmis työstöohjelma voidaan syöttää työstökoneelle käsin, siirtää tietokoneelta datakaapelin välityksellä, tuoda massamuistilaitteelta tai vastaavalta tiedonsiirtovälineeltä tai valmistaa CAD/CAM tuotesuunnittelun yhteydessä. Ohjelma tallennetaan työstökoneen muistiin tai käytetään suoraan tietokoneelta tai tiedonsiirtovälineeltä. Ohjelmat koostuvat lauseista, joissa on yksi tai useampia sanoja. Sanat muodostuvat kirjainosasta ja numero-osasta. Ohjelmassa koneen toimintatapa määrätään kirjainosalla eli osoitteella ja numero-osalla eli toimintakoodilla, joilla ohjataan työstökoneen täsmällistä ja virheetöntä toimintaa. Toimintakodeja kutsutaan usein myös käskyiksi. Käskyt eli koodit ovat voimassa aina niin kauan kunnes uusi samanlainen käsky annetaan. (2, 264–269.)

10.12 Yleisimmät osoitteet NC-työstöohjelmassa

Seuraavia alla esitettyjä osoitteita tavallisimmin käytetään NC-ohjelmissa:

O	Ohjelman numero
N	Lauseen numero
G	Valmisteleva toiminto, jolla määritetään liikekäskyn tyyppi
X, Y ja Z	Pääliikeakselit absoluuttisessa ohjelmoinnissa
U, V ja W	Pääliikeakseleiden suuntaiset toiset liikeakselit inkrementaalisisessa ohjelmoinnissa
A, B ja C	Pääakseleiden kiertoakselit

I, J ja K	Apuakselit
R	Ympyränkaaren säde
S	Syöttö- tai pyörimisnopeus
F	Syöttö
T	Työkalun valinta (2, 265–266.)

O-koodit

O-koodeja käytetään, kun merkitään ohjelmaan ohjelmien tai aliohjelmien tunnistusnumero. Koodissa on O-kirjain ja nelinumeroinen luku esimerkiksi O0109. (2, 266.)

N-koodit

N-koodi on lauseessa aina ensimmäisenä. N-koodit määräävät ohjelmassa lauseiden järjestyksen numeroinnin. Numero-osassa voi olla enintään neljä numeroa. Numerointi on aina järjestyksessä pienimmästä suurimpaan esimerkiksi N10, N11, N12. (2, 266.)

M-koodit

M-koodit ovat aputoimintojen ohjauskoodeja. Ne pysäyttävät ja käynnistävät ohjauksen ja koneen toiminnot. Koodissa on osoite M ja yksi- tai kaksinumeroinen luku esimerkiksi M10. Lauseessa voi olla käytössä vain yksi M-koodi kerrallaan. (2, 266.)

T-koodit

T-koodilla valitaan ja otetaan haluttu työkalu käyttöön. Koodilla otetaan myös ohjaukselle syötetyt työkalun korjaintiedot käyttöön. T-koodi muodostuu T-kirjaimesta ja kahdesta numerosta esimerkiksi T07. (2, 266.)

G-koodit

G-koodeilla määrätään NC-koneiden tarkka toimintatapa. Halutut tarkat terän työstö- ja muut ohjausliikkeet saadaan aikaiseksi G-koodeilla ja niiden lisäehdoilla. Koodit muodostuvat G-kirjaimesta ja yksi- tai kaksinumeroisesta luvusta esimerkiksi G00. (2, 266.)

Alla on esitettyä esimerkki NC-ohjelman lauseesta, joita peräkkäin syöttämällä ohjelma muodostuu.

N1 G01 X200 Y150 Z10

jossa,

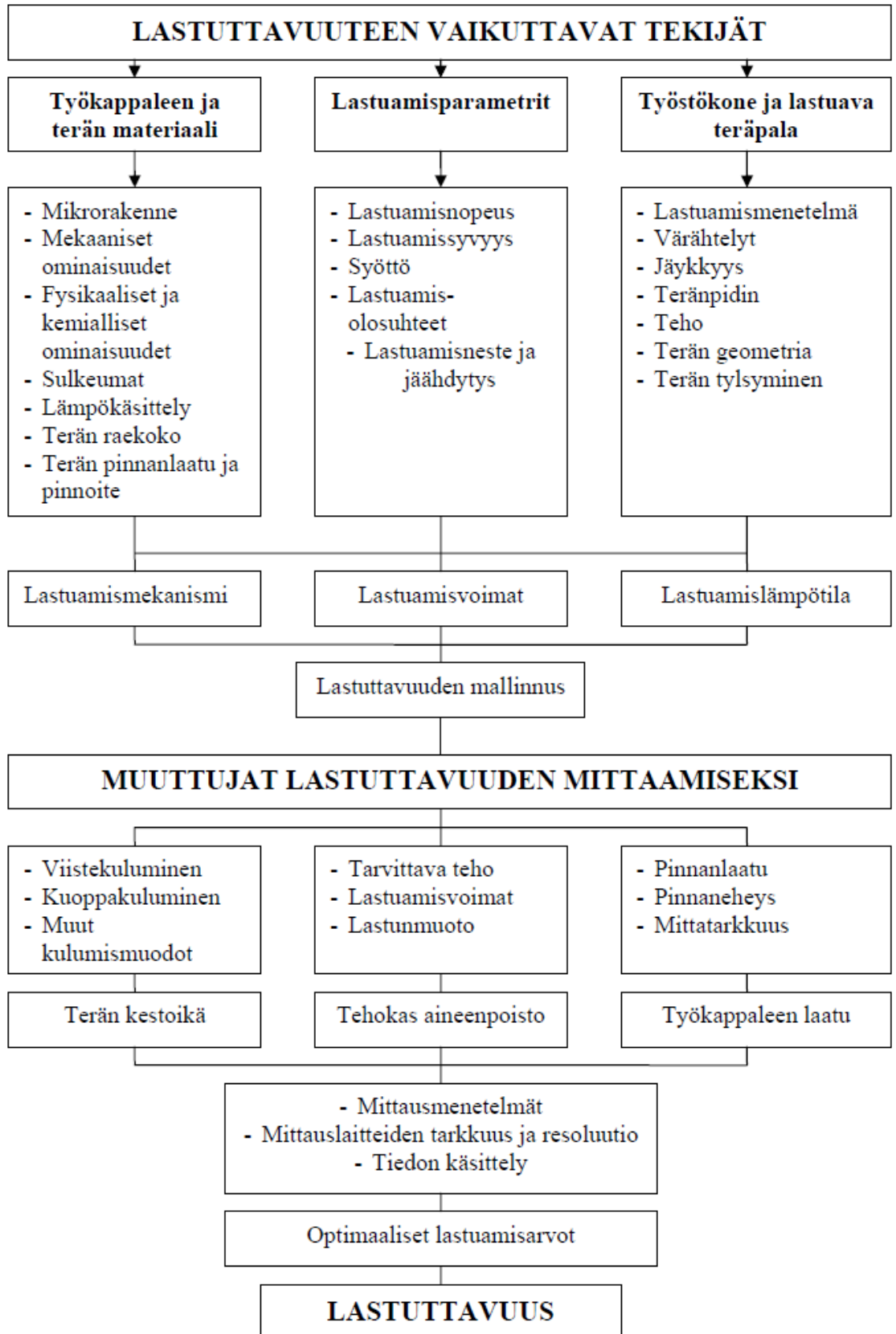
N	lauseen numero
X	liikkeen päätepisteen X-koordinaatti
Y	liikkeen päätepisteen Y-koordinaatti
Z	Liikkeen päätepisteen Z-koordinaatti
F	Syöttönopeus (2, 279.)

10.13 Valmiin työstöohjelman koeajo

Valmis työstöohjelma tulee aina koeajaa. Koeajolla varmistetaan ohjelman toimivuus, virheettömyys ja työkappaleen katkottoman valmistumisen onnistuminen. Koeajon jälkeen ja sitä suoritettaessa voidaan tehdä mahdolliset tarvittavat lisäykset ja korjaukset ohjelmaan. Vaikka koeajo olisikin hyvin onnistunut, ensimmäiset työkappaleet tulee varmuuden vuoksi valmistaa aina varoen. Ensimmäisten työkappaleiden tarkistusmittaus on myös erittäin tärkeää. Koeajot voidaan suorittaa seuraavilla tavoilla, kuten simuloimalla näytöllä, ajamalla konelukko päällä, ajamalla Z-lukko päällä, kuivaajolla, ajaa ilmassa tai ajamalla lauseittain. (2, 278–279.)

11 MATERIAALIEN LASTUTTAVUUS

Lastuttavuudella tarkoitetaan kuinka helposti lastuaminen voidaan jollain materiaalilla toteuttaa. Sandvik Coromantin (24.) mukaan lastuttavuuteen liittyy monta erillistä seikkaa, eikä sitä voida ilmaista tarkasti mitenkään valmiilla asteikolla tai lukuarvoilla. Lastuttavuuteen vaikuttavina päätekijöinä voidaan pitää työkappaleen materiaalia ja sen ominaisuuksia sekä käytettävää terätyyppiä ja sen ominaisuuksia. Muina vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää valittuja työstöarvoja, vallitsevia työstöolosuhteita, käytettävää työstömenetelmää sekä käytettävää työstökonetta ja sen ominaisuuksia. Alla olevassa kaaviossa on esitettynä lastuttavuus ja siihen vaikuttavat tekijät.



Kaavio 1 Lastuttavuus ja siihen vaikuttavat seikat (29, liite1)

12 KORKEAAN LAATUTASOON PÄÄSYN EDELLYTYKSET LASTUTTAESSA

Korkean laatutason saavutuksen edellytyksinä voidaan pitää lastuttaessa sorveilla ja jyrsinkoneella hyvää ja katkeamatonta lastunhallintaa, hyviä työkaluja ja niiden tarkkoja asetuksia, lastuamismesteen ja jäähdetyksen oikeanlaista käyttöä, oikein määritettyjä lastuamisarvoja, terien kestoajan parannus ottaen siihen liittyvät seikat huomioon, oikean terätyypin valinta oikeaan paikkaan, koneistettavan materiaalin sen ominaisuuksien tuntemus, halutun pinnan laadun saavutus ja koneiden, terien ja muiden välineiden oikea huolto. (24.)

12.1 Lastun hallinta

Hyvä lastun hallinta on yksi tärkeimmistä huomioitavista asioista koneistuksessa. Lastunmurto koneistettaessa voi tapahtua eri syistä johtuen itsestään sekä terää tai työkalua vastaan. Lastun murtoon vaikuttavat seuraavat seikat, kuten terämuoto, joka määrää irtoavan lastun muodon, nirkonsäde, joka vaikuttaa oleellisesti lastun hallintaan, terän asetuskulma, joka määrää lastujen poistumissuunnan, lastuamissyvyys, joka vaikuttaa työstössä lastunpoistoon tarvittavaan voimaan, syöttönopeus vaikuttaa oleellisesti lastun hallintaan ja lastunmurtoon, lastuamisnopeudella voidaan vaikuttaa erityisesti lastun murtoon. Myös työstettävän materiaalin erilaisilla ominaisuuksilla on suuri merkitys lastunhallintaan.(24.)

12.2 Käytettävien työkalujen vaikutus laatutasoon

Oikeanlaisten työkalujen käyttö kussakin työstömenetelmässä on erittäin tärkeää. Kiinnityksessä ja asetuksissa tulee huomioida lastuamisvoimat, jotka vaikuttavat työstön aikana. Vapaapituudet työkaluissa tulee pitää niille suositelluissa rajoissa ja huomioida kiinnityksessä, sillä se vähentää värinän ja terän joustamisen mahdollisuutta. Terien korkeusasetukset keskiöön nähden sorvauksessa tulee huomioida erittäin tarkasti. Terien oikeanlainen kunnossapito on myös erittäin tärkeää lastuamisen sujuvuuden ja laatutason säilyttämisessä. (24.)

12.3 Lastuamismesteen käytön vaikutus laatutasoon

Lastuamismestettä käytetään työstön aikana lastujen poistoon, jäähdetykseen ja voiteluun. Yleensä ajatellaan, että kuivana koneistus on paras, luonnonmukaisin ja

edullisin vaihtoehto. Erilaisia jäähdytys- ja voiteluaineita joudutaan työstössä käyttämään kuitenkin, kun hyvän pinnanlaadun saavutus vaatii niiden käytön, toleranssit ovat työkappaleessa tarkkoja tai lastuttavuutta voidaan parantaa niiden käytöllä. Erityisesti lastuamismestiteitä käytetään viimeistelyssä. (24.)

12.4 Lastuamisarvot työstön aikana

Tärkeimpinä seikkoina lastuamisarvoissa voidaan pitää oikeenlaista syöttönopeutta, sopivaa lastuamissyvyyttä ja oikeaa lastuamisnopeutta. Syöttönopeus vaikuttaa huomattavasti saavutettavaan pinnanlaatuun ja terien kestoon. Lastuamissyvyys vaikuttaa lastuamisessa tarvittavaan tehoon, työkappaleeseen ja terään vaikuttavien voimien suuruuteen sekä terien kestojen pituuteen. Lastuamissyvyys tulisi olla aina nirkonsädetä suurempi. Oikein määritetty lastuamisnopeus puolestaan parantaa terien kestoikää, tekee työstöstä tuottavampaa ja lopputuloksesta laadullisesti paremman. (24.)

12.5 Pinnanlaatu lastuvassa työstössä

Pinnanlaadulla ja sen saavuttamisella on oleellinen osa koneistuksessa saavutettavaan laatuasteeseen. Työstössä saavutettua pinnanlaatua voidaan tarkastella tarkasti pinnanlaatumittarilla tai silmämääräisesti vertaamalla pinnanlaatuulokilla. Tarkemmat pinnat hiotaan, hoonataan tai kiillotetaan koneistuksen jälkeen pinnanlaadun saavuttamiseksi. Työkappaleen tai sen osan pinnanlaatua määritettäessä tarkistellaan sen pinnan karheutta, muotoa ja mittatarkkuutta. Yleisimmin pinnanlaadun mittana käytetään SFS-ISO-standartoitua R_a -arvoa, joka on pinnankarheuden aritmeettinen keskiarvo. Pinnan karheus on aina sitä parempi mitä pienempi R_a -arvo on. Saavutettavaan pinnanlaatuun vaikuttavat terän nirkonsäde, terämateriaali, terän muoto, lastumisnopeus, syöttönopeus, työstömenetelmä, työstövaihe, terän kuluminen ja jäähdytys. (2, 126-128.) Alla olevassa taulukossa on esitetty syötön ja nirkonsäteen valinnan vaikutus pinnankarheuteen.

Pinnankarheus Ra μm	Nirkonsäde mm					
	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
	Syöttö mm/r					
0,6	0,05	0,07	0,1	0,12	0,14	0,17
1,6	0,08	0,12	0,16	0,2	0,23	0,29
3,2	0,12	0,16	0,23	0,29	0,33	0,4
6,3		0,23	0,33	0,4	0,47	0,57
8			0,4	0,49	0,57	0,69

Taulukko 1. Nirkonsäteen ja syötön valinnan vaikutus pinnan karheuteen (2, 128)

Työstövaiheiden vaikutus pinnanlaatuun

Työstön vaiheet rouhinta, puolikarkea koneistus ja viimeistely vaikuttavat oleellisesti myös pinnan karheuteen. Rouhinnalla päästään karkeaan lopputulokseen ja viimeistelyllä hienoon sileään lopputulokseen. Puolikarkealla koneistuksella päästään karkeudessa näiden väliin. Alla olevassa taulukossa on erilaisilla valmistusmenetelmillä saatavuttavia pinnankarheuksia. Pinnankarheudet on esitetty välillä hienosta karkeaan. (2, 128.)

Valmistusmenetelmä	Pinnankarheus Ra μm
Pituussorvaus	0,8 - 12,5
Tasosorvaus	1,6 - 12,5
Pistäminen	1,6 - 6,3
Poraus	6,3 - 25
Upotus	3,2 - 6,3
Kalvinta	0,4 - 1,6
Lieriöjyrsintä	1,6 - 6,3
Otsajyrsintä	1,6 - 6,3
Avennus	0,4 - 6,3
Avarrus	0,8 - 6,3
Pyöröhionta	0,2 - 1,6
Tasohionta	0,4 - 1,6
Kiillotushionta	0,05 - 0,1
Kipinätyöstö	0,4 - 6,3
Laahinta	0,1 - 1,6
Hiveltäminen	0,012 - 0,2
Hiertäminen	0,025 - 0,2

Taulukko 2. Erilaisilla valmistusmenetelmillä saatavat pinnankarheudet (2, 128)

12.6 Terien kuluminen työstön aikana

Terien kuluminen vaikuttaa erityisesti koneistuksella saavutettavaan laatutasoon. Työstettäessä terien kulumiseen ja tylsymiseen on monia erilaisia syitä työkappaleen ja terän välisen hankauksen lisäksi. Pitkäaikainen tylsän terän käyttö aiheuttaa yleensä terän murtumisen käyttökelvottomaksi. Terät tulisi aina vaihtaa tai teroittaa ennen kuin työn laatu heikkenee tai terän rikkoutuminen on mahdollinen. Viistekulumista pidetään tyypillisimpänä kulumistapa työstön aikana, sillä se tapahtuu terissä väistämättä ajastaan. Myös seuraavat asiat vaikuttavat terien kulumiseen työstettäessä, kuten työstettävä materiaali, työstössä käytettävä terämateriaali ja sen laatu, terän muoto, työstöarvot, työstötapa, työkappaleen muoto, koneistajan ammattitaito ja käytettävän työstökoneen kunto. (2, 105–107.)

Terien kestoikä

Paras kestoikä terille taataan, kun lastuamissyvyys, syöttönopeus ja lastuamisnopeus pidetään sopivana. (24.)

Lastuamissyvyyden vaikutus

Väärin määritelty lastuamissyvyys aiheuttaa teriin erilaisia kulumismuotoja, jopa terärikkoja. Lastuamissyvyyden ollessa liian pieni lastunhallinta on yleensä huonoa, työstettäessä voi aiheutua värinää, työkappale voi kuumentua turhaan ja työstöstä voi tulla myös hyvin epätaloudellista. Liian suuri lastuamissyvyys aiheuttaa puolestaan turhia terärikkoja, koneen tehon tarve voi lisääntyä huomattavasti ja lastun irrotukseen tarvittavat lastuamisvoimat kasvavat. (24.)

Syöttönopeuden vaikutus

Liian pieni syöttönopeus aiheuttaa yleensä terissä nopeampaa viistekulumista ja irtosärmän muodostumista, työstämisestä tulee yleensä myös hyvin epätaloudellista, koska lastuaminen on jatkuvaa tai pitkäkestoista. Suuri syöttönopeus puolestaan huonontaa yleensä lastunhallintaa, pinnankarheus voi huonontua, koneen tehontarve yleensä kasvaa, lastut voivat alkaa hitsaantua kiinni terään sekä yleensä teriin myös alkaa muodostua nopeasti lastuhakkaumia, kuoppakulumista ja plastista muodon muutosta. (24.)

Lastuamisnopeuden vaikutus

Liian pieni lastuamisnopeus aiheuttaa yleensä irtosärmän muodostumista, jolloin terän eri särmät tylsyvät nopeammin, työstöstä tulee epäedullista ja pinnankarheus muodostuu huonoksi. Liian suurella lastuamisnopeudella puolestaan teriin alkaa syntyä nopeasti viistekulumaa, kuoppakulumaa ja plastista muodon muutosta. Hyvän pinnanlaadun saavuttaminen heikentyy myös käytettäessä suuria lastuamisnopeuksia. (24.)

Yleisimmät terien kulumismuodot

Erilaiset ulkoiset ja sisäiset kulumismekanismit aiheuttavat terissä erilaisia kulumismuotoja. Yleisimmät kulumismuodot kovametallisissa teräpaloissa ovat viistekuluminen, lovikuluminen, kuoppakuluminen, plastinen muodonmuutos, irtosärmän muodostuminen, lastuhakkaumat, reunamurtumat, lämpöhalkeamat, terärikko ja liuskemurtumat. (2, 105–109.) Seuraavassa on esitetty tarkemmin terien erilaiset terien kulumismuodot.

Viistekuluminen

Viistekuluminen on yleisin terien kulumismuoto, jota ei voi millään estää. Kuluminen aiheutuu pitkäkestoisesta työstöstä, liian suuresta lastuamisnopeudesta tai terän huonosta kulumiskestävyydestä. Yleensä kuluminen alkaa ensin näkyä terän päästöpinnalla ja nirkonsäteellä. Viistekuluminen aiheuttaa kasvaessaan tarpeeksi suureksi huonon pinnanlaadun tai heittoa saavutettavaan mittatarkkuuteen. Viistekulumista voidaan vähentää tapauksesta riippuen muuttamalla työstöarvoja sopivimmiksi tai vaihtamalla käytettävän terän laatua ja geometriaa sopivampaan. (2, 105–106.)

Lovikuluminen

Käytettäessä väärää terälaatua, terän geometriaa, väärää työstöarvoja tai materiaalin työstettävyyttä on huonoa, aiheutuu terissä lovikulumista. Kulumista muodostuu teriin, kun lastuttaessa lastut irtoavat ja niiden reunat hankaavat terän pintaa vasten. Kuluminen voidaan huomata terän sivusärmässä tai leikkaavassa särmässä. (2, 108.)

Kuoppakuluminen

Kuoppakuluminen muodostuu lastun mekaanisesta hankauksesta terän rintapintaa vasten. Kuoppakuluminen aiheuttaa teräsärmän heikentymistä, sillä niiden myötä terästä irtoaa ja poistuu materiaalia. Kuoppakulumisen kasvaessa tarpeeksi suureksi terä yleensä hajoaa käyttökelvottomaksi. Kulumista voidaan vähentää valitsemalla sopivimmat työstöarvot, joilla saadaan pienennettyä terän ja työkappaleen turhaa lämpenemistä. Myös väärin valittu terän geometria ja terämateriaali vaikuttavat kulumisen muodostumisnopeuteen. (2, 108.)

Plastinen muodonmuutos

Plastinen muodonmuutos johtuu työstössä syntyvästä liian korkeasta lämpötilasta ja syötön suuresta paineesta, jotka terään kohdistuvat lastuamisen aikana. Muutos näkyy yleensä leikkaavassa särmässä helposti huomattavana sisään painautumana. Muutosta voidaan yrittää estää käyttämällä sopivampia työstöarvoja ja valitsemalla oikeanlainen terämateriaali ja terägeometria. (2, 108.)

Irtoarmän muodostuminen

Irtoarmää muodostuu työstön aikana terän kärkeen, jonka aiheuttaa työkappaleesta irtoavat lastut. Lastujen osat hitsautuvat terään kiinni ja tukkivat terän leikkuupinnan, joka aiheuttaa huonoa pinnanlaatua ja lastuttavuutta. Muodostumista voidaan estää tai hidastaa muuttamalla työstöarvoja sopivimmaksi ja vaihtamalla terämalli, jossa rinta-kulma on suurempi. (2, 108.)

Lastuhakkaumat

Lastuhakkaumat aiheutuvat yleensä työstön aikana syntyvistä liianpitkistä lastuista, jotka taipuvat ja painautuvat teräsärmää vasten. Hakkautumien muodostuminen voidaan estää, kun irtoavat lastut saadaan oikean muotoiseksi. Lastujen muotoa voidaan muuttaa työstönaikana paremmaksi valitsemalla toisenlainen terämuoto tai muuttamalla työstöarvoja edullisimmaksi. (2, 108)

Reunamurtuma

Liian pieni syöttö ja väärin valittu terämateriaali ovat yleensä syinä reunamurtumiin. Myös suuri viistekuluminen aiheuttaa murtumaa. Murtumat voidaan todeta säröilyinä eli pieninä murtumina teräsärmässä. Pienet murtumat yleensä aiheuttavat nopeampaa viistekulumista. (2, 108.)

Lämpöhalkeama

Lämpöhalkeamat eli säröt näkyvät terän pinnassa pieninä hiushalkeamina. Lämpöhalkeamat aiheutuvat lämpötilan suurista vaihteluista, väärinvalitusta syöttönopeudesta ja työstöpinnan epätasaisuudesta. Laajentuessaan halkeamat aiheuttavat yleensä lopulta terän murtumisen. Halkeamien syntymistä voidaan estää tai vähentää käyttämällä sopivaa syöttönopeutta, käyttämällä voimakasta katkeamatonta jäähdytystä tai työstämällä ilman nesteitä ja valitsemalla paremmin soveltuva terämateriaali. (2, 108.)

Liuskemurtumat

Liuskemurtumia muodostuu, kun työstetään liian suurilla työstönopeuksilla ja terään kohdistuu liian suurta painetta. Niiden syntymistä voidaan yrittää estää ja vähentää pienentämällä työstöarvoja sopivimmiksi ja käyttämällä sopivampaa terämateriaalia ja terän geometriaa. Murtumat muodostuvat terään hilseilyinä tai liuskamaisina murtumina. (2, 108.)

Terärikkö

Terärikköt aiheutuvat yleensä liiallisesta terän kulumisesta, törmäyksestä tai vääristä työstöarvoista. Rikkoutumisen voi aiheuttaa myös hakkaava ja värinää aiheuttava työstö, kova materiaali, huono terän ja työkappaleen kiinnitys ja terän geometrian väärä valinta. Alla olevassa kuvassa on esitettyä terien yleisimmät kulumismuodot. (2, 108.)



Kuva 58. Yleisimmät kulumistyytit sorvin terissä (24)

13 TYÖTURVALLISUUS LASTUAVASSA TYÖSTÖSSÄ

Tärkein asia lastuavassa työstössä on turvallinen työskentely. Turvallisen työskentelyn takaamiseksi, koneistajan tulee perehtyä hyvin työturvallisuusasioihin, määräyksiin ja ohjeisiin. Pyörivissä koneissa ja laitteissa on aina suuremmat riskit vahingoittaa itseänsä kuin paikoillaan olevissa koneissa. Seuraaviin asioihin koneistajan tulee erityisesti perehtyä tapaturmien vähentämiseksi, kuten koneiden ja laitteiden toimintaan, koneissa käytettäviin suojalaitteisiin, koneessa käytettäviin apulaitteisiin ja niiden toimintaan, käytettäviin työkaluihin ja niiden toimintaan, työssä käytettäviin kemikaaleihin ja niiden haittavaikutuksiin, henkilökohtaisten suojavarusteiden käyttöön, työolosuhteisiin ja käytössä oleviin työtiloihin. (2, 24-25)

Yleisimmät työtapaturmat koneistustöiden aikana tapahtuvat, kun vaarana on puristumis-, viilto-, leikkautumis- tai takertumisvaara. Koneistettaessa tapaturma aiheutuu yleisimmin seuraavista vaaroista, kuten työkappaleen tai työkalun irtoamisesta huonosta kiinnityksestä, kuumien ja terävien lastujen lentelystä työympäristöön, lastujen, työkappaleen tai työkalun aiheuttamista viilloista, työvaatteiden tarttumisesta kiinni johonkin koneen tai työkappaleen osaan, raajojen jäämisestä kiinni tai puristuksiin johonkin koneen tai työkappaleen osan väliin, turvalaitteiden ohituksesta ja kone- ja laitevaurioista tai vaurioista. Myös huono työtilan yleisvalaistus ja koneiden huono kohdevalaistus voi aiheuttaa työtapaturman vaaran. (28.)

Meluhaitat ovat koneistettaessa myös hyvin yleisiä. Melua ja täten kuuluvaurion vaaraa aiheuttavat yleisimmin työstökoneet ja niistä syntyvät työstön äänet, muut tilassa olevat työstökoneet, meneillään olevat muut työvaiheet oman työpisteen lähiympäristössä, työkappaleiden ja koneiden paineilmalla puhdistus ja työkappaleiden varomaton käsittely. Meluhaitoilta vältetään parhaiten käyttämällä asianmukaisia kuulosuojaimia ja minimoimaan turhat kovat äänet. (28.)

Koneistaja altistuu työskennellessään myös biologisille ja kemiallisille haittatekijöille, kuten puhdistusaineet, voiteluaineet, leikkuunesteet ja erilaiset raskasmetallit, hengittäessään niistä syntyviä höyryjä ja kaasuja. Useasti koneistaja joutuu myös ihokosketuksiin niiden kanssa ja altistuu sitä kautta. Suurin osa biologisista ja kemiallisista haittatekijöistä vältetään kunnollisella ilman vaihdolla ja poistolla, asian mukaisilla työvaatteilla ja peseytymällä hyvin työn jälkeen. (28.)

14 TYÖN SUORITUSVAIHEET

Sain oppinäytetyöni aiheen tuntemaltani Aikuiskoulutuskeskuksen metalliosaton koulutuspäälliköltä Pasi Hallikkaalta keväällä 2014. Aluksi pidimme suunnittelupalaverin, jossa kävimme läpi kouluttajien haluamat asiat opetusmateriaaleihin. Suunnittelun jälkeen aloin etsiä opetusmateriaaleihin tietoa metallialan kirjoista ja Internetistä eri yritysten sivuilta. Haastattelin työn kirjoituksen aikana myös aikuiskoulutuskeskuksen metallialan kouluttajia. Työn edetessä pidimme viikoittain katselmuksen tekemistäni oppimateriaaleista. Aloitin opetusmateriaalien laadinnan kirjoittamalla teoriamateriaalit porauksesta, sorvauksesta, jyrstinnästä ja NC-työstöstä. Valmiista teoriamateriaaleista tein pdf-tiedostot. Tämän jälkeen tein edellä mainituista aiheista kouluttajien käyttöön PowerPoint esitykset.

Valmiit opetusmateriaalit hyväksytin Aikuiskoulutuskeskuksen kouluttajilla ja koulutuspäälliköllä. Työn laajuuden takia huomasin työn edetessä, että suunnittelemani aikataulu ei pidä ja työn luovutus aikaa siirrettiin. Alkuperäinen suunniteltu työn luovutusaika oli syyskuun alussa, mutta työ luovutettiin vasta lokakuun lopussa. Kesäaikana 2014 opinnäytetyöni ei edennyt työkiireitteni vuoksi. Valmiit teoriaopetusmateriaalit on tarkoitus siirtää marraskuun 2014 aikana Moodle-oppimisympäristöön.

15 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämä opinnäytetyö onnistui mielestäni erittäin hyvin. Opetusmateriaaleista sain mielestäni laadittua riittävän laajan kokonaisuuden. Vaikka olenkin työskennellyt koneistajana ja opiskellut metallialaa, opin tätä työtä tehdessäni jonkin verran uusia asioita. Vanhan asian kertauksen kannalta tämän opinnäytetyön laadinta oli minulle erittäin antoisa. Työssä haastavin osuus oli NC-työstön materiaalien laadinta, sillä NC-työstön opiskeluistani on aikaa ja olen työskennellyt pääosin manuaalisilla työstökoneilla.

Ajallisesti työhön meni suunniteltua kauemmin, koska käsiteltäviä asioita oli paljon. Kirjoista ja Internetistä teoriatietoa löytyi hyvin, mutta käyttökelpoisia kuvia oli vaikeampi löytää. Alkuperäisenä tarkoituksena oli materiaalien valmistumisen jälkeen päivittää kouluttajien kanssa yhteistyössä kaikki Koneistuksen opetusmateriaalit yhdeksi kokonaisuudeksi Moodle-oppimisympäristöön, mutta minusta riippumattomista syistä tämä jäi kuitenkin tekemättä.

Yleisesti voidaan todeta, että eri ikäryhmien opettaminen, mielenkiinnon ylläpitäminen ja oikeanlaisien ja kiinnostavien opetustapojen ja opetusmateriaalien löytäminen tuo aina omat haasteensa. Toivon kuitenkin, että laatimistani teoriamateriaaleista on tulevaisuudessa hyötyä niin kouluttajille kuin opiskelijoillekin. Toivon myös saavani jälkepäin opiskelijoilta ja kouluttajilta palautetta laatimistani opetusmateriaaleista.

LÄHTEET

1. Raivio, N.A. 1949 Metallin sorvarin käsikirja 251 s. Otava 3. uudistettu painos.
2. Maaranen, K. 2010 Koneistustekniikat 325 s. WSOYpro Oy 1.-4. painos.
3. Maaranen, K. Ansanharju, T. 1997 Koneistus 586 s. WSOY 1. painos
4. Vesämäki, H. 2007 Lastuavan työstön NC-ohjelmointi 174 s. Teknologia teollisuus ry 3. uudistettu painos
5. Heikkilä, O. haastattelu 3/2014 Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus
6. Hallikas, P. haastattelu 3/2014 Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus
7. SANDVIK Coromant 2010 Tekninen käsikirja sorvaus-jyrsintä-poraus-avarruspidinjärjestelmät.
8. Dormer Technical handbook Suomi 2010 pdf-tiedosto 144s. Saatu: Kouvolan laakeri Oy:ltä
9. SANDVIK Coromant corokey 2010 pdf-tiedosto 216s. Saatu: Kouvolan laakeri Oy:ltä
10. EMCO-WORLD Internet-sivut. Saatavissa: <http://www.amtmachine.com/emco-world.html> [viitattu 4/2014]
11. Maketek Oy Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.maketek.fi> [viitattu 8/2014]
12. FMS-tools Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.fms-tools.fi> [viitattu 8/2014]
13. Machinery Oy Internet-sivut. Saatavilla: <http://machinery.fi/fi/metallintyostokoneet> [viitattu 5/2014]
14. TKP-toolservice Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.tkp-toolservice.fi/fi/Tuoteluettelot/> [viitattu 5/2014]

15. Efunda processes home/turning Internet-sivut. Saatavilla:
<http://www.efunda.com/processes/machining/turn.cfm> [viitattu 10/2014]
16. LH-OSA Kiertokanki.com Internet-sivut. Saatavilla:
http://www.kiertokanki.com/verkkokauppa/index.php?main_page=product_info&products_id=4573 [viitattu 10/2014]
17. Mekos Oy koneistamon Internet-sivut. Saatavilla:
<http://www.mekos.fi/tuotanto.html> [viitattu 9/2014]
18. Mikton Metal Oy konepajan Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.miktonmetal.fi>
[viitattu 9/2014]
19. Kouvolan Aikuiskoulutuskeskuksen Internet-sivut. Saatavilla:
<http://www.kvlakk.fi/> [viitattu 4/2014]
20. Opetushallitus Kone- ja metallialan perustutkinto 2010 PDF. Saatavilla:
http://www.oph.fi/download/125257_KoMe.pdf [viitattu 8/2014]
21. Koneita.com Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.koneita.com> [viitattu 8/2014]
22. IKH työvälinekauppa Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.ikh.fi/Etusivu> [viitattu 5/2014]
23. Edustusliike Finetec Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.finetec.fi/> [viitattu 5/2014]
24. SANDVIK Coromant Internet-sivut. Saatavilla:
<http://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/knowledge/pages/default.aspx> [viitattu 10/2014]
25. Teräskonttori K-D Group Internet-sivut. Saatavilla:
http://www.teraskonttori.fi/fi/tuotevalikoima/tyokalut/kiinnittimet/mekaaniset_kiinnityokalut [viitattu 5/2014]

26. Profimix.fi Internetsivut. Saatavilla:
http://www.profimix.fi/product_details.php?p=315 [viitattu 5/2014]
27. Nurminen Tools Oy Internet-sivut. Saatavilla: <http://www.nurminentools.fi/> [viitattu 8/2014]
28. Kallio, N. 2009 Työterveyslaitos Malliratkaisuja metallintyöstöön 5s. PDF. Saatavilla: http://www.tyosuojelu.fi/upload/TTL_Malliratkaisuja_metallin_tyostoon.pdf [viitattu 9/2014]
29. Ryytänen, V. 2008 Lastuttavuuskokeiden kartoitus ja suunnitelma M-terästen laadun testaamiseen soveltuvasta uudesta lastuttavuuspikakokeesta. Diplomityö. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto / Konetekniikan koulutusohjelma. Saatavilla: <https://www.doria.fi/handle/10024/42862>
30. Aaltonen, K. Andersson, P. Kauppinen, V. 1997 Koneistustekniikat 322 s. WSOY 1. painos

KONEISTAJAN MUISTIO		KONEISTAJAN MUISTIO		KONEISTAJAN MUISTIO	
 <p>TERÄPÄÄ v=130 m/min</p>  <p>LIERIÖJYRSIN v=25 m/min</p>  <p>LIERIÖOTSAJYRSIN v=25 m/min</p>  <p>SAHAJYRSIN v=20 m/min</p>  <p>VARSIJYRSIN (rouh.) v=20-30 m/min</p>  <p>VARSIJYRSIN v=10-25 m/min</p>  <p>KIEKKOJYRSIN v=25 m/min</p>  <p>HAMMASPYÖRÄJYRSIN v=25 m/min</p>  <p>T-URAJYRSIN v=12-20 m/min</p>  <p>LOHENPYRSTÖURAJYRSIN v=12-20 m/min</p>		 <p>VEITSITERÄ 95° v=130 m/min</p>  <p>KOPIOTERÄ 93° (35°) v=150 m/min</p>  <p>PISTOTERÄ 95° v=60 m/min</p>  <p>SISÄKOPIOTERÄ 93° v=140 m/min</p>  <p>KIERUKKAPORA v=20-30 m/min</p>  <p>KALVIN v=8-15 m/min</p>  <p>NC-PORA 90° v=10-15 m/min</p>  <p>KÄRKIUPOTIN 90° v=10 m/min</p>  <p>KOPIOTERÄ 95° (55°) v=150 m/min</p>  <p>ULKOKIERRETERÄ 60° v=100 m/min</p>  <p>SISÄVEITSITERÄ 95° v=110 m/min</p>  <p>SISÄKIER. TERÄ 60° v=100 m/min</p>  <p>VÄLJENNIN v=15-20 m/min</p>  <p>NC-PORA 120° v=10-15 m/min</p>  <p>KESKIOPORA v=10-15 m/min</p>  <p>KIERRETAPPI v=8-12 m/min</p>		<p>TYÖSTÖARVOJEN MÄÄRÄÄMINEN</p> <p>SORVAUS Lastuamisnopeus v (m/min) $v = \frac{d \times n}{320}$ Pyörimisnopeus n (r/min) $n = \frac{320 \times v}{d}$ Syöttö s (mm/r) viimeist. 0,1 - 0,3 mm/r rouhinta 0,3 - 1,0 mm/r Lastuamissyvyys 5 - 10 x s r = kappaleen pyörittämä kierros/min d = kappaleen halkaisija mm</p> <p>JYRSINTÄ Lastuamisnopeus v (m/min) $v = \frac{d \times n}{320}$ Pyörimisnopeus n (r/min) $n = \frac{320 \times v}{d}$ Syöttö s (mm/min) $S = Sz \times Z \times n$ d = terän halkaisija mm r = terän pyörittämä kierros/min Sz = harnauskohdan syöttö mm/harnaus Z = terän hammaskoko kpl</p> <p>PORAUS Lastuamisnopeus v (m/min) $v = \frac{d \times n}{320}$ Pyörimisnopeus n (r/min) $n = \frac{320 \times v}{d}$ Syöttö s (mm/r) 0,1 - 0,3 Pöytäsyöttö (jyrsin; mm/min) s x n VÄLJENNYS Pyörimisnopeus on porauksen n : 2 KÄLVINTÄ Pyörimisnopeus on porauksen n : 3 r = terän pyörittämä kierros/min d = terän halkaisija mm</p> <p>"NYRKKISÄÄNTÖ" Kovametalli n = 32 000 : d v = 100 - 120 m/min Pikateräs n = 6 400 : d v = 20 - 30 m/min</p>	
TYÖSTÖARVOT - LASTUAVA		NC-SORVAUS - TERÄT		NC-SORVAUS - TERÄT, PORAT YM.	
					

KONEISTAJAN MUISTIO

KONEISTAJAN MUISTIO

KONEISTAJAN MUISTIO

KIERRETAULUKKO

METRINEN ISO-VAKIOKIERRE

	Nousu P	Kylki Ø	Pora Ø
M3	0,5	2,675	2,5
M4	0,7	3,545	3,3
M5	0,8	4,480	4,2
M6	1	5,350	5
M8	1,25	7,188	6,8
M10	1,5	9,026	8,5
M12	1,75	10,863	10,2
M14	2	12,701	12
M16	2	14,701	14
M18	2,5	16,376	15,5
M20	2,5	18,376	17,5
M24	3	22,051	21
M30	3,5	27,727	26,5
M38	4	33,402	32
M42	4,5	39,077	37,5
M45	4,5	42,077	41,5
M48	5	44,752	43
M52	5	48,752	47

PORA Ø = Kierteen ulko Ø - nousu (P)

KYLKI Ø laskeminen, kun nousu tiedetään:

- esimerkkinä M50x1
- valitaan samannousuinen muu kierre, esim. M6 (kylki Ø 5,35)
- lasketaan: $6 - 5,35 = 0,65$
- lasketaan: $50 - 0,65 = 49,35$
- M50x1 kylki Ø = Ø 49,35

KIERTEEN SYVYYS:

ULKOKIERRE = $0,6134 \times P$
SISÄKIERRE = $0,5412 \times P$

TYÖSTÖARVOJEN MÄÄRITYS

SYÖTÖ PORAUKSESSA (mm/kierros)

PITKÄLASTUISET:
TERÄS Fe,CrNiMo $0,01 \times \sqrt{30 \times d}$
TERÄSVALURUOSTUMATON $0,01 \times \sqrt{20 \times d}$ LYHYTLASTUISET:
VALURAUTA $0,01 \times \sqrt{50 \times d}$
PRONSSI
MESSINKI

SYÖTÖ JA PINNANKARHEUS SORVAUKSESSA

$$F = \sqrt{21 \times Rn \times Ra}$$

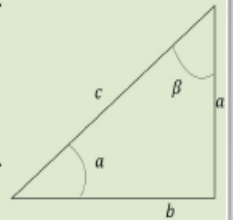
21 = vakioluku Ra-arvolle
Rn = terän nirkonsäde
Ra = pinnankarheuden Ra-arvo
F = syöttö mm/kierrosEsim: Ra 3,2 = 0,0032 $\sqrt{\frac{3,2}{1000}}$ Huom! Rmax ja Hmax pinnankarheuksille
vakioluku on 8

PYTHAGORAAN LAUSE

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$



TRIGONOMETRIA

$$a = b \times \tan a \quad b = \frac{a}{\tan a} \quad c = \frac{a}{\sin a}$$

$$a = c \times \sin a \quad b = c \times \cos a \quad c = \frac{b}{\cos a}$$

$$a = \frac{b}{\tan \beta} \quad b = a \times \tan \beta \quad c = \frac{a}{\cos \beta}$$

$$a = c \times \cos \beta \quad b = c \times \sin \beta \quad c = \frac{b}{\sin \beta}$$

$$\tan a = \frac{a}{b} \quad \sin a = \frac{a}{c} \quad \cos a = \frac{b}{c}$$

$$\tan \beta = \frac{b}{a} \quad \sin \beta = \frac{b}{c} \quad \cos \beta = \frac{a}{b}$$

TYÖSTÖARVOT - PORAUS, SORVAUS

NC - OHJELMOINTI JA TYÖSTÖ

AMMATTIMATEMATIIKKA



Työstöarvojen määrittäminen

1 Porauksen työstöarvojen määrittäminen

Poratessa, kalvittaessa, väljennettäessä tai kierteittäessä porakoneella valitaan pyörimisnopeus työkalun mukaisesti. Alla olevista kaavoista voidaan laskea pyörimisnopeus n , lastuamisnopeus v ja syöttönopeus s poranterille, kun valitaan lastuamisnopeus v materiaalin mukaan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että lastuamisnopeus v on väljennyksessä ja upotuksessa $1/2$, kalvinnassa $1/3$ ja kierteityksessä $1/4$ poraamisessa käytetystä lastuamisnopeudesta.

Pyörimisnopeus porauksessa lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$n = \frac{v}{\pi * d}$$

Lastuamisnopeus porauksessa voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$v = \pi * n * d$$

Syöttö voidaan laskea pitkälastuisille materiaaleille teräs Fe, CrNiMo ja teräsvalut seuraavalla kaavalla:

$$s = 0.01 * \sqrt{30 * d}$$

Syöttö voidaan laskea ruostumattomalle teräkselle seuraavalla kaavalla:

$$s = 0.01 * \sqrt{20 * d}$$

Syöttö voidaan laskea lyhytlastuisille materiaaleille esim. valurauta, pronssi ja messinki seuraavalla kaavalla:

$$s = 0.01 * \sqrt{50 * d}$$

joissa,

n	pyörimisnopeus $\frac{1}{\text{min}}$
d	halkaisija mm
v	lastuamisnopeus $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
s	Syöttönopeus $\frac{\text{mm}}{\text{kierros}}$

Alla olevassa taulukossa on esitetty porauksen lastuamisnopeuden ohjearvoja.

Työstettävä materiaali	Lastuamisa nopeudet m/min pikaterästyökaluille			
	Poraus	Kierteitys	Kartioupotus	Tasoupotus
Helposti työstettävä teräs	20 -35	8 -14	10 -12	10 -12
vaikkeasti työstettävä teräs	10 -20	5 -8	4 -6	5 -8
valurauta kovuus alle 200HB	20 -40	10 -15	8- 10	10 -12
valurauta kovuus yli 200HB	12 -20	6 -10	4 -6	5 -8
Messinki	40 -80	8 -14	25 -30	25 -30
Alumiini	90 -	15 -25	25 -30	25 -30
Muovi	n. 90	15 -25	25 -30	25 -30

Taulukko 1. Lastuamisa nopeuden ohje arvot (Konetekniikka.WSoy Koneistustekniikat 2009 Keijo Maaranen)

2 Työstöarvojen määrittäminen sorvauksessa.

2.1 Pyörimisa nopeus

Pyörimisa nopeus sorvauksessa valitaan työkalun halkaisijan mukaan. Porauksessa, kalvauksessa, väljennettäessä tai kierteittäessä sorvauksessa valitaan pyörimisa nopeus työkalun mukaisesti. Sorvin pyörimisa nopeudella tarkoitetaan pääkaran pyörimisa nopeutta minuutin aikana. Matemaattisesti kierrosnopeutta merkitään merkillä n ja sen mittayksikkönä käytetään $\frac{r}{min}$.

Pyörimisnopeus voidaan määrittää seuraavasta kaavasta, kun halkaisija [m] ja lastuamisnopeus $\frac{m}{min}$ tunnetaan:

$$n = \frac{v}{\pi * D}$$

Pyörimisnopeus määritetään tarkasti seuraavasta kaavasta asettamalla mm- ja m suhdeluku 1000, kun lastuamisnopeus on ilmoitettu $\frac{m}{min}$ ja halkaisija on mm:

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D}$$

Yleisimmin lastuamisnopeus $\frac{m}{min}$ on valittu laskennoissa likimääräisenä. Pääkaran pyörimisnopeutta ei voida manuaalisella sorvilla valita yhtä tarkasti kuin laskettuna saatua tulosta tai NC-sorvilla, joten silloin voidaan käyttää seuraavaa alla esitettyä kaavaa, jossa suhteen $\frac{1000}{\pi}$ tilalla käytetään sen likiarvoa 320. Halkaisijan tulee olla näin laskettuna [mm].

$$n = \frac{320 * v}{D}$$

Joissa,

n pyörimisnopeus $\frac{r}{min}$

v lastuamisnopeus $\frac{m}{min}$

D työkappaleen tai poranhalkaisija mm

320 suhdeluku ($\frac{\pi}{1000}$)

1000 mm- ja m-suhdeluku

π pii

Nyrkkisääntönä pyörimisnopeudelle voidaan pitää seuraavaa:

- Kovametalliterillä $n = \frac{32000}{d}$
- Pikaterästerillä $n = \frac{6400}{d}$

Alla on esitetty pyörimisnopeuden määrittäminen taulukosta, kun lastuamisnopeus tiedetään.

Työkappale/ jyrsin Ø	Lastuamisnopeus (v_c), m/min										
	30	40	50	100	150	200	300	400	500	600	700
12	795	1060	1326	2652	3979	5305	7957	10610	13262		
16	597	795	995	1989	2984	3978	5968	7957	9947	11936	
20	477	637	796	1591	2387	3183	4774	6366	7957	9549	11140
25	382	509	637	1273	1910	2546	3819	5092	6366	7639	8912
32	298	398	497	994	1492	1989	2984	3978	4973	5968	6963
40	239	318	398	795	1194	1591	2387	3183	3978	4774	5570
50	191	255	318	636	955	1272	1909	2546	3183	3819	4456
63	151	202	253	505	758	1010	1515	2021	2526	3031	3536
80	119	159	199	397	597	795	1193	1591	1989	2387	2785
100	95	127	159	318	477	636	952	1273	1591	1909	2228
125	76	109	124	255	382	509	764	1018	1237	1527	1782
160	60	80	99	198	298	397	596	795	994	1193	1392
175	55	71	91	182	273	363	544	727	909	1091	1273
200	48	64	80	160	239	318	476	636	795	954	1114

Esimerkki: Käytössä on halkaisijaltaan 80 mm:n jyrsin. Pakkaukseen merkitty lastuamisnopeuden (v_c) lähtöarvo on 200 m/min. Hae jyrsinkoko vasemmalta palstalta ja lastuamisnopeus yläriviltä. Lue karanopeus halkaisijan ja lastuamisnopeuden leikkauskohdasta: 795 kierrosta minuutissa.

Taulukko 2. Pyörimisnopeuden määrittäminen (Sandvik Coromant Corokey 2010)

2.2 Lastuamisnopeus

Lastuamisnopeus on terän leikkuunopeus teräsärmän kohdalla, kun työkappale pyöri akselina ympäri yhden kierroksen. Lastuamisnopeus voidaan laskea tai määrittää taulukoista. Lastuamisnopeutta merkitään matemaattisesti merkillä v ja sen mittayksikkö on $[\frac{m}{min}]$.

Lastuamisnopeus voidaan määrittää likimääräisesti seuraavasta alla esitetystä kaavasta, kun pyörimisnopeus on $[\frac{m}{min}]$ ja halkaisija [mm]:

$$v = \frac{D * n}{320}$$

jossa,

v	lastuamisnopeus $[\frac{m}{min}]$
D	työkappaleenhalkaisija [mm]
n	kierrosnopeus $[\frac{m}{min}]$
320	suhdeluku suhteesta $[\frac{1000}{\pi}]$

Nyrkkisääntönä lastuamisnopeudelle voidaan pitää:

- Pikaterästerät 20–30 $\frac{m}{min}$
- Kovametalliterät 100-120 $\frac{m}{min}$

2.3 Syöttönopeus

Syöttönopeutta valitessa sorvilla tulee huomioida työstettävä materiaali, työkappaleen kiinnitys tapa, koneen tehot ja tukevuus ja terän kiinnitys, terämateriaali jne.

Seuraavana on esitetty syötön ohjearvoja.

Syöttö rouhinnassa 0.3- 1.2 $\frac{\text{mm}}{r}$

Syöttö keskiraskaassa koneistuksessa 0.2- 0.5 $\frac{\text{mm}}{r}$

Syöttö viimeistelyssä 0.1- 0.3 $\frac{\text{mm}}{r}$

2.4 Lastuamissyvyys

Lastuamissyvyyden nyrkkisääntönä sorvauksessa voidaan pitää, että lastuamissyvyyden tulisi olla vähintään $\frac{2}{3}$ nirkonsäteestä ja syötön vähintään $\frac{1}{2}$ nirkonsäteestä.

2.5 Leikkuuvoimat

Pääleikkuuvoima voidaan laskea seuraavalla kaavalla

$$F_p = s * a * k_s$$

jossa,

F_p pääleikkuuvoima [N]

a lastuamissyvyys [mm]

s syöttö [$\frac{\text{mm}}{r}$]

k_s ominaisleikkuuvoima [$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$]

Ominaisleikkuuvoima k_s on jokaiselle materiaalille määritetty ja taulukoitu. Ominaisleikkuuvoima on voima, joka tarvitaan irrottamaan kappaleesta lastu, jonka poikkipinta-ala on 1 mm^2 . Voimaan vaikuttavat materiaalin lujuus ja lastun poikkipinta-alan koko.

3 Jyrsinnän työstöarvojen määrittäminen

Pyörimisnopeus jyrsittäessä määritetään työkalun halkaisijan mukaan. Jyrsinkoneen pyörimisnopeus tarkoittaa pääkaran pyörimisnopeutta minuutin aikana.

Matemaattisesti kierrosnopeutta merkitään merkillä n ja mittayksikkönä käytetään $\frac{r}{\text{min}}$.

Pyörimisnopeus voidaan määrittää seuraavasta kaavasta, kun työkalun halkaisija [mm] ja lastuamisnopeus $\frac{m}{\text{min}}$ tunnetaan:

$$n = \frac{v * 1000}{\pi * D}$$

Jossa,

n pyörimisnopeus $\frac{r}{\text{min}}$

v lastuamisnopeus $\frac{m}{\text{min}}$

D työkalunhalkaisija mm

1000 mm- ja m-suhdeluku

π pii

Nyrkkisääntönä voidaan pitää pyörimisnopeudessa kovametalliterillä seuraavaa kaavaa:

$$n = \frac{30000}{\pi * D}$$

Nyrkkisääntönä voidaan pitää pyörimisnopeudessa pikaterästerillä seuraavaa kaavaa:

$$n = \frac{6000}{\pi * D}$$

3.1 Lastuamisnopeuden määrittäminen

Lastuamisnopeus jyrksinnässä määritellään jyrsimen halkaisijan ja pyörimisnopeuden mukaan. lastuamisnopeutta merkitään matemaattisesti merkillä v ja sen mittayksikkö on $[\frac{m}{min}]$.

Lastuamisnopeus voidaan määrittää seuraavasta kaavasta:

$$v = \frac{D * n}{320}$$

jossa,

v	lastuamisnopeus $[\frac{m}{min}]$
D	työkalunhalkaisija [mm]
n	kierrosnopeus $[\frac{m}{min}]$
320	suhdeluku suhteesta $[\frac{1000}{\pi}]$

Nyrkkisääntönä lastuamisnopeudelle voidaan pitää:

Pikaterästerät

- Teräs 15–30 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Valurauta 15–30 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Cu- metallit 30–50 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Alumiinit 150–200 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Muovit 30–60 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$

Kovametalliterät

- Teräs 90–200 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Valurauta 70–130 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Cu- metallit 150–300 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Alumiinit 300–800 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$
- Muovit 40–80 $\frac{\text{m}}{\text{min}}$

Pienemmät luvut sopivat rouhintaan ja suuremmat luvut viimeistelyyn.

3.3 Syöttönopeuden määrittäminen

Syöttönopeus jakautuu kahteen osaan jotka ovat seuraavat:

- Pöytäsyöttöön s
- Hammaskohtaiseen syöttöön s_z

Hammaskohtainen syöttö on syöttömatka jonka yksi hammas kulkee yhden kierroksen aikana. Pöytäsyöttö eli pöydänliike yleisimmin ilmoitetaan $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$. Pöytäsyöttö voidaan määrittää, kun tiedetään hammaskohtainen syöttö. Hammaskohtainen syöttö voidaan määrittää taulukon mukaan.

Pöytäsyöttö voidaan määrittää seuraavalla kaavalla kun hammaskohtainen syöttö tiedetään:

$$s = n * z * s_z$$

Jossa,

s pöytäsyöttö $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$

n Jyrsimen pyörimisnopeus $\frac{1}{\text{min}}$

z jyrsimen hammasluku

s_z hammaskohtainen syöttö mm/hammas

Alla olevassa taulukossa on hammaskohtaisen syötön arvoja.

Koneistettava materiaali	Lieriöjyrsimet		Otsajyrsimet		Varsijyrsimet	
	pikateräs	Kovametalli	Pikateräs	Kovametalli	Pikateräs	Kovametalli
Teräs	0,1-0,2	0,1-0,3	0,1-0,15	0,15-0,2	0,05-0,1	
Seostettuteräs	0,05-0,2	0,1-0,3	0,05-0,1	0,1-0,2	0,05-0,1	0,05-0,15
Valurauta	0,1-0,3	0,15-0,35	0,1-0,2	0,1-0,2	0,05-0,1	0,05-0,15
Cu-metallit	0,15-0,45	0,1-0,4	0,1-0,3	0,1-0,25	0,05-0,15	
Al-metallit	0,3-0,45	0,25-0,4	0,2-0,3	0,15-0,25	0,1-0,15	

Taulukko 3. Hammaskohtaisen syötön arvoja (konetekniikka.Wsoy Koneistustekniikat Keijo Maaranen)

3.4 Lastuamissyvyyden ja lastuamisleveyden määrittäminen

Lastuamissyvyydellä ja leveydellä tarkoitetaan työstettävästä kappaleesta poistuvaa ainemäärää.

Lastuamissyvyyteen ja lastuamisleveyteen vaikuttavat seuraavat alla mainitut asiat:

- Työvarat
- Käytettävän jyrsimen koko ja malli
- teräpalan ohjearvot
- Työstettävä materiaali
- Koneen tukevuus ja teho
- Työstettävän kappaleen kiinnitys

4 Jakolaitteiden käytössä tarvittavia laskentoja

4.1 välillinen jako jakolaitteella

Välillinen jako tapahtuu aina kierukkavälityksen avulla. Kierukkaa toimii käytettävänä pyöränä, jonka hammasluku on yksi. Hammaspyörä on esimerkiksi 40-hampainen, joka määrää jakolaitteen välityksen.

Jakokammen kierrokset lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$n = \frac{i}{1} = \frac{40}{1}$$

Jossa,

n	jakokammen kierrokset
i	jakolaitteen sisäinen välitys (40)
l	jaettavien osien lukumäärä

Jyrsittäessä esimerkiksi 32-hampainen hammaspyörä lasketaan jakokammen pyöritystenmäärä ja jakolevyn reikäpiiri seuraavasti.

$$n = \frac{i}{1} = \frac{40}{1}$$

$$i = 40$$

$$l = 32$$

$$n = \frac{40}{32}$$

$$n = 1\frac{8}{32} \quad \text{supistetaan 4:lla}$$

$$n = 1\frac{2}{8} \quad \text{valitaan 8:lla jaollinen reikäpiiri 48 ja lavennetaan kuudella}$$

$$n = 1\frac{12}{48}$$

Jyrsinnän välillä käännetään kampea 1 kokonainen kierros ja 12 reikäväliä reikäpiirillä 48.

- Muista, että laskuissa joutuu käyttämään murtolukuja.
- Muista myös, että lasketaan rajoittimen reikävälejä sillä reikiä on yksi enemmän.

4.2 Kulmajako jakolaitteella

Kulmajakoa käytetään, kun jyrsittävään työkappaleeseen halutaan porata reikäjako tai jyrsiä tasopintoja haluttuun kulmaan keskenään.

Kulmajaon laskentaan käytetään seuraavaa kaavaa:

$$n = \frac{\varphi \times i}{360^\circ}$$

jossa,

n jakokammen kierrosten lukumäärä

φ haluttu jakokulma [°]

i jakolaitteen sisäinen välitys (i=40)
 360° täyden ympyrän kierroksen asteluku

Jyrsittäessä esimerkiksi tasopintoja joiden välinen kulma on 62° Lasketaan jakokamman kierrosten lukumäärä seuraavasti.

$$n = \frac{\varphi \times i}{360^\circ}$$

$$n = \frac{62 \times 40}{360^\circ}$$

$$= \frac{62}{9}$$

$$= 6 \frac{8}{9} \quad \text{Valitaan 9:llä jaollinen reikäpiiri ja laennetaan 9:llä}$$

$$= 6 \frac{54}{81}$$

Jakolaitteen kampea siis pyöritetään 6 kokonaista kierrosta ja 54 reikäväliä reikäpiirillä 81.

Materiaalin lähteet

1. Koneistustekniikat Keijo Maaranen
2. Kouvolan Aikuiskoulutuskeskus opetusmateriaalit Koneistajan muistio
3. Dormer Technicalhandbook suomi PDF
4. Tietotaito www.sandvik.coromant.com



Yleistietoa

LASTUAMISNOPEUDET

		PYÖRIMISNOPEUDET															
m/min		5	8	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	150
jalka/min		16	26	32	50	66	82	98	130	165	197	230	262	296	330	362	495
Työkalun halkaisija		KIERROKSIA MINUUTISSA (RPM)															
mm	tuuma																
1,00		1592	2546	3138	4775	6366	7958	9549	12732	15916	19099	22282	25465	28648	31831	35014	47747
1,50		1061	1698	2122	3183	4244	5305	6366	8488	10610	12732	14854	16977	19099	21221	23343	31831
2,00		796	1273	1592	2387	3183	3979	4775	6366	7958	9549	11141	12732	14324	15916	17507	23873
2,50		637	1019	1273	1910	2546	3183	3820	5093	6366	7639	8913	10186	11459	12732	14006	19099
3,00		531	849	1061	1592	2122	2653	3183	4244	5305	6366	7427	8488	9549	10610	11671	15916
3,18	1/8	500	801	1001	1501	2002	2502	3003	4004	5005	6006	7007	8008	9009	10010	11011	15015
3,50		455	728	909	1364	1819	2274	2728	3638	4547	5457	6366	7176	8185	9095	10004	13642
4,00		398	637	796	1194	1592	1989	2387	3183	3979	4775	5570	6366	7162	7958	8754	11937
4,50		354	566	707	1061	1415	1768	2122	2829	3537	4244	4951	5659	6366	7074	7781	10610
4,76	3/16	334	535	669	1003	1337	1672	2006	2675	3344	4012	4681	5350	6018	6687	7356	10031
5,00		318	509	637	955	1273	1592	1910	2546	3183	3820	4456	5093	5730	6366	7003	9549
6,00		265	424	531	796	1061	1326	1592	2122	2653	3183	3714	4244	4775	5305	5836	7958
6,35	1/4	251	401	501	752	1003	1253	1504	2005	2506	3008	3509	4010	4511	5013	5514	7519
7,00		227	364	455	682	909	1137	1364	1819	2274	2728	3183	3638	4093	4547	5002	6821
7,94	5/16	200	321	401	601	802	1002	1203	1604	2004	2405	2806	3207	3608	4009	4410	6013
8,00		199	318	398	597	796	995	1194	1592	1989	2387	2785	3183	3581	3979	4377	5968
9,00		177	283	354	531	707	884	1061	1415	1768	2122	2476	2829	3183	3537	3890	5305
9,53	3/8	167	267	334	501	668	835	1002	1336	1670	2004	2338	2672	3006	3340	3674	5010
10,00		159	255	318	477	637	796	955	1273	1592	1910	2228	2546	2865	3183	3501	4775
11,11	7/16	143	229	287	430	573	716	860	1146	1433	1719	2006	2292	2579	2865	3152	4298
12,00		133	212	265	398	531	663	796	1061	1326	1592	1857	2122	2387	2653	2918	3979
12,70	1/2	125	201	251	376	501	627	752	1003	1253	1504	1754	2005	2256	2506	2757	3760
14,00		114	182	227	341	455	568	682	909	1137	1364	1592	1819	2046	2274	2501	3410
14,29	9/16	111	178	223	334	446	557	668	891	1114	1337	1559	1782	2005	2228	2450	3341
15,00		106	170	212	318	424	531	637	849	1061	1273	1485	1698	1910	2122	2334	3183
15,88	5/8	100	160	200	301	401	501	601	802	1002	1203	1403	1604	1804	2004	2205	3007
16,00		99	159	199	298	398	497	597	796	995	1194	1393	1592	1790	1989	2188	2984
17,46	11/16	91	146	182	273	365	456	547	729	912	1094	1276	1458	1641	1823	2005	2735
18,00		88	141	177	265	354	442	531	707	884	1061	1238	1415	1592	1768	1945	2653
19,05	3/4	84	134	167	251	334	418	501	668	835	1003	1170	1337	1504	1671	1838	2506
20,00		80	127	159	239	318	398	477	637	796	955	1114	1273	1432	1592	1751	2387
24,00		66	106	133	199	265	332	398	531	663	796	928	1061	1194	1326	1459	1989
25,00		64	102	127	191	255	318	382	509	637	764	891	1019	1146	1273	1401	1910
27,00		59	94	118	177	236	295	354	472	589	707	825	943	1061	1179	1297	1768
30,00		53	85	106	159	212	265	318	424	531	637	743	849	955	1061	1167	1592
32,00		50	80	99	149	199	249	298	398	497	597	696	796	895	995	1094	1492
36,00		44	71	88	133	177	221	265	354	442	531	619	707	796	884	973	1326
40,00		40	64	80	119	159	199	239	318	398	477	557	637	716	796	875	1194
50,00		32	51	64	95	127	159	191	255	318	382	446	509	573	637	700	955

LASTUAMISNOPEUDET, JOITA TAULUKOSSA EI OLE MAINITTU, VOIDAAN MUUTTAA PYÖRIMISNOPEUDEKSI JOKO LASKEMALLA TAI ARVIOIMALLA, esim. 120 m/min on 110+10 lukemat.



Poraus

REIÄN NIMELLISMITAT (MM)

∅ (mm)	H8	H9	H10	H12
≤ 3	0 / +0.014	0 / +0.025	0 / +0.040	0 / +0.100
> 3 ≤ 6	0 / +0.018	0 / +0.030	0 / +0.048	0 / +0.120
> 6 ≤ 10	0 / +0.022	0 / +0.036	0 / +0.058	0 / +0.150
> 10 ≤ 18	0 / +0.027	0 / +0.043	0 / +0.070	0 / +0.180
> 18 ≤ 30	0 / +0.033	0 / +0.052	0 / +0.084	0 / +0.210

REIÄN NIMELLISMITAT (TUUMA)

∅ (tuuma)	H8	H9	H10	H12
≤ .1181	0 / +0.0006	0 / +0.0010	0 / +0.0016	0 / +0.0040
>.1181≤.2362	0 / +0.0007	0 / +0.0012	0 / +0.0019	0 / +0.0048
>.2362 ≤.3937	0 / +0.0009	0 / +0.0015	0 / +0.0023	0 / +0.0059
>.3937≤.7087	0 / +0.0011	0 / +0.0017	0 / +0.0028	0 / +0.0071
>.7087≤1.1811	0 / +0.0013	0 / +0.0021	0 / +0.0033	0 / +0.0083



Kierteitys kierretapeilla

ALKUREIKIEN HALKAISIJAT LASTUAVILLE TAPEILLE

Poran halkaisijan laskentakaava:

$$D = D_{nom} - P$$

D = Poran halkaisija (mm)

D_{nom} = Kierteen nimellishalkaisija (mm)

P = Kierteen nousu (mm)

ISO M VAKIOKIERRE					ISO M HIENOKIERRE						
Kierre	Suurin sisä- nousu mm	Poran halk. mm	Poran halk. mm	Poran halk. tuuma	Kierre	Suurin sisä- halk. mm	Poran halk. mm	Poran halk. tuuma	Kierre	Suurin sisä- halk. mm	Poran Diam. mm
1.6	0.35	1.321	1.25	3/64	3x0.35	2.721	2.65	37	25X1	24.153	24
1.8	0.35	1.521	1.45	54	3.5x0.35	3.221	3.2	1/8	25X1.5	23.676	23.5
2	0.4	1.679	1.6	1/16	4x0.5	3.599	3.5	29	25x2	23.210	23
2.2	0.45	1.833	1.75	50	5x0.5	4.599	4.5	16	26x1.5	24.676	24.5
2.5	0.45	2.138	2.05	46	5.5x0.50	5.099	5	9	27x1.5	25.676	25.5
3	0.5	2.599	2.5	40	6x0.75	5.378	5.3	5	27x2	25.210	25
3.5	0.6	3.010	2.9	33	7x0.75	6.378	6.3	D	28x1.5	26.676	26.5
4	0.7	3.422	3.3	30	8x0.75	7.378	7.3	9/32	28x2	26.210	26
4.5	0.75	3.878	3.8	27	8x1	7.153	7	J	30x1.5	28.676	28.5
5	0.8	4.334	4.2	19	9x1	8.153	8	O	30x2	28.210	28
6	1	5.153	5	9	10x0.75	9.378	9.3	U	32x1.5	30.676	30.5
7	1	6.153	6	15/64	10x1	9.153	9	T	32x2	30.210	30
8	1.25	6.912	6.8	H	10x1.25	8.912	8.8	11/32	33x2	31.210	31
9	1.25	7.912	7.8	5/16	11x1	10.153	10	X	35x1.5	33.676	33.5
10	1.5	8.676	8.5	Q	12x1	11.153	11	7/16	36x1.5	34.676	34.5
11	1.5	9.676	9.5	3/8	12x1.25	10.912	10.8	27/64	36x2	34.210	34
12	1.75	10.441	10.3	Y	12x1.5	10.676	10.5	Z	36x3	33.252	33
14	2	12.210	12	15/32	14x1	13.153	13	17/32	38x1.5	36.676	36.5
16	2	14.210	14	35/64	14x1.25	12.912	12.8	1/2	39x3	36.252	36
18	2.5	15.744	15.5	39/64	14x1.5	12.676	12.5	31/64	40x1.5	38.676	38.5
20	2.5	17.744	17.5	11/16	15x1	14.153	14	35/64	40x2	38.210	38
22	2.5	19.744	19.5	49/64	15x1.5	13.676	13.5	17/32	40x3	37.252	37
24	3	21.252	21	53/64	16x1	15.153	15	19/32	42x1.5	40.676	40.5
27	3	24.252	24	61/64	16x1.5	14.676	14.5	9/16	42x2	40.210	40
30	3.5	26.771	26.5	1.3/64	18X1	17.153	17	43/64	42x3	39.252	39
33	3.5	29.771	29.5	1.5/32	18X1.5	16.676	16.5	41/64	45x1.5	43.676	43.5
36	4	32.270	32	1.1/4	18X2	16.210	16	5/8	45X2	43.210	43
39	4	35.270	35	1.3/8	20X1	19.153	19	3/4	45X3	45.252	42
42	4.2	37.799	37.5		20X1.5	18.676	18.5	47/64	48X1.5	46.676	46.5
45	4.5	40.799	40.5		20X2	18.210	18	45/64	48X2	46.210	46



Kierteitys kierretapeilla

ALKUREIKIEN HALKAISIJAT LASTUAVILLE TAPEILLE

ISO UNIFIED VAKIOKIERRE				ISO UNIFIED HIENOKIERRE				WHITWORTH VAKIOKIERRE			
Kierre	Suurin sisä-halk. mm	Poran halk. mm	Poran halk. tuuma	Kierre	Suurin sisä-halk. mm	Poran halk. mm	Poran halk. tuuma	Kierre	Kiert. lukum tuumalla	Suurin sisä-halk. mm	Poran halk. mm
UNC				UNF				BSW			
nr 2-56	1.872	1.85	50	nr 2-64	1.913	1.9	50	3/32	48	1.910	1.85
nr 3-48	2.146	2.1	47	nr 3-56	2.197	2.15	45	1/8	40	2.590	2.55
nr 4-40	2.385	2.35	43	nr 4-48	2.459	2.4	42	5/32	32	3.211	3.2
nr 5-40	2.697	2.65	38	nr 5-44	2.741	2.7	37	3/16	24	3.744	3.7
nr 6-32	2.896	2.85	36	nr 6-40	3.023	2.95	33	7/32	24	4.538	4.5
nr 8-32	3.513	3.5	29	nr 8-36	3.607	3.5	29	1/4	20	5.224	5.1
nr 10-24	3.962	3.9	25	nr 10-32	4.166	4.1	21	5/16	18	6.661	6.5
nr 12-24	4.597	4.5	16	nr 12-28	4.724	4.7	14	3/8	16	8.052	7.9
1/4-20	5.268	5.1	7	1/4-28	5.580	5.5	3	7/16	14	9.379	9.2
5/16-18	6.734	6.6	F	5/16-24	7.038	6.9	I	1/2	12	10.610	10.5
3/8-16	8.164	8	5/16	3/8-24	8.626	8.5	Q	9/16	12	12.176	12
7/16-14	9.550	9.4	U	7/16-20	10.030	9.9	25/64	5/8	11	13.598	13.5
1/2-13	11.013	10.8	27/64	1/2-20	11.618	11.5	29/64	3/4	10	16.538	16.5
9/16-12	12.456	12.2	31/64	9/16-18	13.084	12.9	33/64	7/8	9	19.411	19.25
5/8-11	13.868	13.5	17/32	5/8-18	14.671	14.5	37/64	1	8	22.185	22
3/4-10	16.833	16.5	21/32	3/4-16	17.689	17.5	11/16	1.1/8	7	24.879	24.75
7/8-9	19.748	19.5	49/64	7/8-14	20.663	20.4	13/16	1.1/4	7	28.054	28
1-8	22.598	22.25	7/8	1-12	23.569	23.25	59/64	1.3/8	6	30.555	30.5
1.1/8-7	25.349	25	63/64	1.1/8-12	26.744	26.5	1.3/64	1.1/2	6	33.730	33.5
1.1/4-7	28.524	28	1.7/64	1.1/4-12	29.919	29.5	1.11/64	1.5/8	5	35.921	35.5
1.3/8-6	31.120	30.75	1.7/32	1.3/8-12	33.094	32.75	1.19/64	1.3/4	5	39.098	39
1.1/2-6	34.295	34	1.11/32	1.1/2-12	36.269	36	1.27/64	1.7/8	4.1/2	41.648	41.5
1.3/4-5	39.814	39.5	1.9/16					2	4.1/2	44.823	44.5
2-41/2	45.595	45	1.25/32								

WHITWORTH LIERIÖM. PUTKIKIERRE			
Kierre	Kiert. lukum tuumalla	Suurin sisä-halk. mm	Poran halk. mm
G			
1/8	28	8.848	8.8
1/4	19	11.890	11.8
3/8	19	15.395	15.25
1/2	14	19.172	19
5/8	14	21.128	21
3/4	14	24.658	24.5
7/8	14	28.418	28.25
1	11	30.931	30.75
1.1/4	11	39.592	39.5
1.1/2	11	45.485	45
1.3/4	11	51.428	51
2	11	57.296	57
2.1/4	11	63.342	63
2.1/2	11	72.866	72.5
2.3/4	11	79.216	79
3	11	85.566	85.5

ISO M VAKIOKIERRE IRTOKIERRE	
Kierre	Poran halk. mm
EG M	
2.5	2.6
3	3.2
3.5	3.7
4	4.2
5	5.2
6	6.3
8	8.4
10	10.5
12	12.5
14	14.5
16	16.5
18	18.75
20	20.75
22	22.75
24	24.75

ISO UNIFIED VAKIOKIERRE IRTOKIERRE	
Kierre	Poran halk. mm
EG UNC	
nr 2-56	2.3
nr 3-48	2.7
nr 4-40	3
nr 5-40	3.4
nr 6-32	3.7
nr 8-32	4.4
nr 10-24	5.1
nr 12-24	5.8
1/4-20	6.7
5/16-18	8.4
3/8-16	10
7/16-14	11.7
1/2-13	13.3



Kierteitys kierretapeilla

ALKUREIKIEN HALKAISIJAT LASTUAVILLE TAPEILLE

AMERIKKALAINEN LIERIÖM. PUTKIKIERRE					AMERIKKALAINEN LIERIÖM. PUTKIKIERRE "DRYSEAL"			WHITWORTH KARTIOM. PUTKIKIERRE		
Kierre	Pienin sisä-halk. mm	Suurin sisä-halk. mm	Suos pora-halk. mm	Suos pora-halk. tuuma	Kierre	Pienin sisä-halk. mm	Suos pora-halk. mm	Kierre	Kiert. lukum tuumalla	Poran halk. mm
NPSM					NPSF			Rc		
1/8"-27	9.039	9.246	9.10	23/64	1/8"-27	8.651	8.70	1/8	28	8.4
1/4"-18	11.887	12.217	12.00	15/32	1/4"-18	11.232	11.30	1/4	19	11.2
3/8"-18	15.316	15.545	15.50	39/64	3/8"-18	14.671	14.75	3/8	19	14.75
1/2"-14	18.974	19.279	19.00	3/4	1/2"-14	18.118	18.25	1/2	14	18.25
3/4"-14	24.333	24.638	24.50	31/32	3/4"-14	23.465	23.50	5/8	14	20.25
1"-11.1/2	30.506	303.759	30.50	1.13/64	1"-11.1/2"	29.464	29.50	3/4	14	23.75
1.1/4"-11.1/2	39.268	39.497	39.50	1.9/16				7/8	14	27.5
1.1/2"-11.1/2	45.339	45.568	45.50	1.51/64				1	11	30
2"-11.1/2	57.379	57.607	57.50	2.1/4				1.1/8	11	34.5
2.1/2"-8	68.783	69.266	69.00	2.23/32				1.1/4	11	38.5
3"-8	84.684	85.166	85.00	3.3/8				1.3/8	11	41
								1.1/2	11	44.5
								1.3/4	11	50
								2	11	56
								2.1/4	11	62
								2.1/2	11	71.5
								2.3/4	11	78
								3	11	84

AMERIKKALAINEN KARTIOM. PUTKIKIERRE				AMERIKKALAINEN KARTIOM. PUTKIKIERRE "DRYSEAL"			PANSSARIPUTKIKIERRE			
Kierre	Kiert. lukum tuumalla	Poran halk. mm	Poran halk. tuuma	Kierre	Kiert. lukum tuumalla	Poran halk. mm	Kierre	Kiert. lukum tuumalla	Suurin sisä-halk. mm	Poran halk. mm
NPT				NPTF			PG			
1/16	27	6.3	D	1/8	27	8.4	7	20	11.45	11.4
1/8	27	8.5	R	1/4	18	10.9	9	18	14.01	13.9
1/4	18	11	7/16	3/8	18	14.25	11	18	17.41	17.25
3/8	18	14.5	37/64	1/2	14	17.75	13.5	18	19.21	19
1/2	14	18	23/32	3/4	14	23	16	18	21.31	21.25
3/4	14	23	59/64	1	11.1/2	29	21	16	27.03	27
1	14	29	1.5/32	1.1/4	11.1/2	37.75	29	16	35.73	35.5
1.1/4	11.1/2	38	1.1/2	1.1/2	11.1/2	43.75	36	16	45.73	45.5
1.1/2	11.1/2	44	1.47/64	2	11.1/2	55.75	42	16	52.73	52.5
2	11.1/2	56	2.7/32	2.1/2	8	66.5	48	16	58.03	58
2.1/2	8	67	2.5/8	3	8	82.5				
3	8	83	3.1/4							