

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2023

Oskar Sirén

# CNC-työstökoneen kunnossapito



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2023 | 68 sivua

Oskar Sirén

## CNC-työstökoneen kunnossapito

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda yksityiskohtainen katsaus CNC-työstökoneiden toimintaan ja rakenteeseen, sekä kunnossapidon yleisiin eri osa-alueisiin ja toimenpiteisiin. Opinnäytetyössä käydään läpi CNC-työstökoneita ja niiden erilaisia tyyppejä yleisesti, jonka jälkeen perehdytään tarkemmin komponentteihin ja osa-alueisiin, jotka vaativat säännöllistä tai kohdennettua kunnossapitoa koneiden luotettavan toiminnan ylläpitämiseksi.

Työstökoneet perustuvat monimutkaisiin järjestelmiin, joiden virheetön toiminta on edellytys häiriöttömän ja tarkan automaatioprosessin kannalta. Työssä selvitetään näiden järjestelmien toimintaa ja mahdollisia syitä vikaantumiselle, sekä toimenpiteitä vikojen selvittämiseen ja korjaukseen. Opinnäytetyössä käsitellään työstökoneiden mekaaninen rakenne, sähkö- ja automaatiojärjestelmät, voitelujärjestelmät, hydraulikka- ja pneumatiikkajärjestelmät, jäähdytysjärjestelmät, sekä geometria.

Työn lopputuloksena on kattava kokonaisuus, joka antaa laajan yleiskuvan työstökoneiden rakenteesta, toiminnasta, sekä kunnossapidon menetelmistä.

Asiasanat:

CNC, kunnossapito, automaatio, mekaniikka

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2023 | 68 pages

Oskar Sirén

## CNC machine tool maintenance

The aim of the thesis was to create a detailed overview of the operation and structure of CNC machine tools, as well as the general areas and measures of maintenance. The thesis examines CNC machine tools and their various types in general, followed by a more in-depth study of components and areas that require regular or targeted maintenance to maintain the reliable operation of the machines.

Machining centers are based on complex systems, the flawless functioning of which is essential for a smooth and precise automation process. The thesis investigates the operation of these systems and possible reasons for malfunctions, as well as measures for diagnosing and repairing these malfunctions. The thesis addresses the mechanical structure of machine tools, electrical and automation systems, lubrication systems, hydraulic and pneumatic systems, cooling systems, and geometry.

The result of the thesis is a comprehensive compilation that provides a broad overview of the structure, operation, and maintenance methods of machine tools.

Keywords:

CNC, automation, maintenance, mechanics

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
<b>2 CNC-työstökoneet</b>	<b>9</b>
2.1 Sorvit	9
2.2 Jyrsimet	11
2.3 Hiomakoneet	11
2.4 Monitoimisorvit	12
<b>3 CNC-työstökoneiden kunnossapito</b>	<b>13</b>
3.1 Mekaaniset komponentit	13
3.1.1 Johteet	14
3.1.2 Kuularuuvit ja -mutterit	16
3.1.3 Kara-akseli	18
3.1.4 Vaihteistot	22
3.1.5 Työkalunvaihtajat ja revolverit	25
3.1.6 Johdesuojat	27
3.1.7 Lastunkuljettimet	28
3.2 Hydraulikka ja pneumatiikka	28
3.2.1 Sylinterit	29
3.2.2 Hydraulikkaöljyt	33
3.2.3 Pumput ja suodattimet	33
3.2.4 Putket ja letkut	35
3.2.5 Venttiilit	36
3.3 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät	37
3.3.1 Ohjaus	37
3.3.2 Sähkömoottorit	43
3.3.3 Sähkökeskus	45
3.3.4 Anturit	50
3.4 Voitelu	53

3.4.1 Keskusvoitelu	54
3.4.2 Sumuvoitelu	55
3.4.3 Vaihteisto- ja voiteluöljyt	56
3.4.4 Kestovoitelu	56
3.5 Jäähdytys	57
3.5.1 Leikkuuneste	57
3.5.2 Öljy- ja nestejäähdytys	59
3.6 Geometria	60
3.6.1 Vaaitus	61
3.6.2 Akseligeometria	62
3.6.3 Välykset ja backlash	64
<b>4 Yhteenveto</b>	<b>67</b>
<b>Lähteet</b>	<b>68</b>

## Kuvat

Kuva 1. CNC-Sorvin runko, joka varustettu Y-akselilla ja pyörivillä työkaluilla. (Medium 2023).	10
Kuva 2. Akselikelkan lattajohteiden liukupinnat.	15
Kuva 3. Kulunut vanha kuularuuvi ja laakerointi, sekä uudet alkuperäiset varaosat.	17
Kuva 4. Karalaakerointi, jossa 4 kulmakosketuslaakeria.	19
Kuva 5. Vaurioitunut kara-akselin työkalukartio.	20
Kuva 6. Sorvin pyörivien työkalujen kulmavaihde.	24
Kuva 7. Työkalurevolveri, joka varustettu pyörivillä työkaluilla.	27
Kuva 8. Revolverin hydraulisynterin männänvarsi, männät, tiivisteet ja tiivisteiden tukirenkaat.	30
Kuva 9. Pneumaattinen booster sylinteri.	32
Kuva 10. Moderni taajuusmuuntajakäytöllä varustettu hydrauliiikkayksikkö.	34
Kuva 11. Työstökoneen hydrauliikkaventtiilin runko, ja kara.	36
Kuva 12. Työstökoneen reaaliaikainen ladder-kaavio, eli tikapuukaavio.	39

Kuva 13. Työstökoneen Fanuc -ohjausjärjestelmän akseleiden servovahvistimet, sekä DC-virtalähde.	41
Kuva 14. Siemens ohjausjärjestelmän Input ja Output moduulit.	43
Kuva 15. Työstökoneen moottorinsuojakytkimiä ylärivillä, sekä kontakteita alarivillä.	47
Kuva 16. Uuden virtalähteen ulostulojännitteen tarkistus.	49
Kuva 17. Induktiivinen anturi monitoimisorvin jyrsinkaran työkalunlukituksen valvontaan.	52
Kuva 18. Keskusvoitelujärjestelmän annostelijatukki.	54
Kuva 19. Vaaitukseen käytettävä yksisuuntainen tarkkuusvesivaaka.	62
Kuva 20. Työstökoneen backlash:in parametrinen säätö.	65

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

AC	Alternating Current, vaihtovirta
ATC	Automatic Tool Changer, automaattinen työkalunvaihtaja
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneellinen numeerinen ohjaus
DC	Direct Current, tasavirta
ISO	International Standards Organization, kansainvälisten standardien organisaatio
I/O	Input/Output, sisääntulo/ulostulo
NC	Normal Close, normaalisti kiinni
NO	Normal Open, normaalisti auki
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka ohjain
VG	Viscosity Grade, viskositeetti luokitus

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda yksityiskohtainen katsaus CNC-työstökoneiden rakenteen eri osa-alueisiin, sekä näiden osa-alueiden kunnossapidon tarpeen arviointiin ja toimenpiteiden suorittamiseen. Opinnäytetyö suoritetaan toimeksiantona JPS Motors Oy:lle, jonka päätoimiala on CNC-työstökoneiden kunnossapito.

Työn keskeisenä ominaisuutena on toimia yleisenä käsikirjana CNC-työstökoneiden toimintaperiaatteeseen, sekä kunnossapitoon. Opinnäytetyön hyödyt ilmenevät työstökoneiden parissa työskenteleville henkilöille, joille koneiden toiminta ja kunnossapitotoimenpiteet eivät ole ennestään tuttuja.

Opinnäytetyössä käydään aluksi läpi yleisesti CNC-työstökoneita, sekä yleisimpiä konetyyppejä ja näiden toimintaperiaatteita. Työstökoneiden yleiskatsauksen jälkeen työssä perehdytään yksityiskohtaisesti erilaisten CNC-työstökoneiden rakenteeseen, sekä komponentteihin. Komponentit esitellään osa-alueittain, jossa käydään läpi niiden toimintaperiaate, sekä vaadittavat kunnossapitotoimenpiteet ja kunnossapidon tarpeen arviointi.

Työn avulla lukijalle muodostuu kattava yleiskäsitys CNC-työstökoneiden toiminnasta, sekä kunnossapidosta.

## 2 CNC-työstökoneet

CNC (Computerized Numerical Control) tarkoittaa tietokoneohjattua käyttöä, joka suorittaa ohjelmoidun työkierron automaattisesti ilman ihmisen tekemiä komentoja. CNC-ohjauksen avulla on mahdollista suorittaa ja toistaa monimutkaisiakin työkiertoja ohjelmallisesti, jotka olisivat manuaalisesti tehtynä mahdottomia tai hyvin hitaita. Käytön lukemaa ohjelmakoodia kutsutaan G-koodiksi.

Työstökoneet mahdollistavat raakamateriaalin muuttamisen valmiiksi kappaleeksi sorvaamalla, jyrsimällä tai hiomalla. Tätä kutsutaan materiaalia poistavaksi työstömenetelmäksi tai lastuavaksi työstöksi.

Työstökoneiden toiminta perustuu servo-ohjattuihin akseleihin, sekä pyörivän liikkeen mahdollistavaan karaan. Työstökoneen tyypin mukaan pyörivässä liikkeessä on kappale tai lastuavaan työstöön käytettävä työkalu.

### 2.1 Sorvit

Sorvien toiminta perustuu pyörivässä liikkeessä olevaan kappaleeseen, joka on yleensä akseli tai putki, joka on kiinnitetty kara-akseliin kiinnityspakan avulla. Lastuava työstö saadaan aikaiseksi, kun pyörivää kappaletta koneistetaan työkalun avulla. Sorvauksella saadaan aikaan pyörähdyskappaleita. Yleisin sorvityyppi on vaakasorvi, jossa kara-akseli on sijoitettu horisontaalisesti. Toinen sorvityyppi on raskaiden kappaleiden työstöön soveltuva pystysorvi, jossa kara-akseli on sijoitettu koneeseen vertikaalisesti.



Kuva 1. CNC-Sorvin runko, joka varustettu Y-akselilla ja pyörivillä työkaluilla. (Medium 2023).

Tavallisessa sorvissa on työkalu kiinnitetty työkalurevolveriin, joka liikkuu akselikelkan mukana. Työkalurevolverissa on nykyaikaisissa sorveissa 8–24 työkalupaikkaa, jolloin valittua työkalua pystytään vaihtamaan työstön aikana automaattisesti. Akselit liikkuvat yksinkertaisimmissa sorveissa X- ja Z-koordinaatistossa, jolloin Z-akseli liikkuu kara-akselin suuntaisesti ja X-akseli kohtisuoraan Z-akseliin nähden. Jos sorvi on varustettu pyörivillä työkaluilla, jotka mahdollistavat jrsinnän, on koneessa myös yleensä Y-akseli. Y-akseli liikkuu kohtisuorassa X- ja Z-akseliin nähden (Kuva 1). Kara-akseli merkitään yleisesti C-akselina, mutta C-akseli on paikoittava ainoastaan pyörivillä työkaluilla varustetuissa koneissa.

## 2.2 Jyrsimet

Jyrsintä on prosessi, jossa materiaalia voidaan poistaa raakamateriaalista valikoivasti. Jyrsimessä työkalu on kiinnitetty pyörivään kara-akseliin, sekä kappale pöytään. Jyrsimen rakenteen mukaan kappale tai kara-akseli voi liikkua yhdellä tai useammalla akselilla. Tavallisimmissa jyrsinkoneissa kappale liikkuu pöydän mukana X ja Y akseleilla, jolloin kara-akseli liikkuu Z-akselin mukana. Nykyaikaiset paremmin varustellut jyrsinkoneet voidaan varustaa viidellä tai useammalla akselilla, joka mahdollistaa monimutkaisetkin geometriset muodot. Kun akseleita on käytössä useampi, voidaan välttyä jälkikäsitteilyn tai kappaleen käännön tarpeilta.

## 2.3 Hiomakoneet

Hiomakoneiden käyttökohteet painottuvat yleisesti viimeistelyyn, jolloin kappaleesta voidaan valmistaa erittäin mittatarkka. Hiomakone poistaa kappaleesta materiaalia pyörivän hiomakiven avulla, jolloin kappaleen pinnanlaadulla päästään lastuavaa työstöä huomattavasti parempaan lopputulokseen. CNC-ohjattu hiomakone liikkuu yleensä vähintään kolmella akselilla, jotka ovat X, Z ja Y tai C. Jos hiomakone on pyörähdyskappaleiden hiontaan tarkoitettu, pyörittää C-akseli hiottavaa kappaletta. Koneen mallin mukaan voidaan hioa pyörähdys- tai tasomaisia kappaleita. Myös erikoisempia hiottuja pintoja voidaan saavuttaa muotoilluilla hiomakivillä, mutta yleisin käyttökohde on akseleiden viimeistely. Ennen hiontaa on kappale yleensä esityöstetty sorvaamalla tai jyrsimällä, sillä hiomakoneella ei ole järkevää poistaa suuria määriä materiaalia.

## 2.4 Monitoimisorvit

Monitoimisorvit ovat uudempaa tekniikkaa, jossa yhdistyvät kara-akselilla pyörivä kappale, sekä jysinkaralla pyörivä työkalu. Työstömenetelmien yhdistämisellä saavutetaan monipuolinen kone, jolla voidaan koneistaa normaalisti useampia työvaiheita vaativia kappaleita. Työvaiheita karsimalla pystytään säästämään ihmistyötä vaativia toimenpiteitä, jolloin työkierto on automatisoitu pidemmälle. Monitoimisorvit ovat huomattavasti harvinaisempia ja kalliimpia koneita kuin perinteiset työstökoneet, mutta niiden suosio on kasvussa koneiden tehokkuuden ja monipuolisuuden vuoksi.

### 3 CNC-työstökoneiden kunnossapito

CNC-työstökoneet edellyttävät säännöllistä huoltoa ja kunnossapitoa, kuten mikä tahansa muukin liikkuva kone tai laite. Vaikka nämä koneet ovat automatisoituja, ne eivät pysty itsenäisesti tarkkailemaan tai korjaamaan vaurioituvia komponentteja. Työstökoneiden vaatimat tarkkuusvaatimukset, jotka voivat ulottua jopa tuhannesosiin millimetristä, saavutetaan vain huolellisesti hoidetuilla ja kunnossapidetyillä koneilla.

Tarkkuus ei kuitenkaan ole ainoa syy säännölliseen kunnossapitoon, sillä tuotantokatkosten välttäminen on yhtä kriittisen tärkeää. Ilman suunnitelmallista kunnossapitoa koneet ovat alttiimpia vaurioitumiselle, mikä voi johtaa odottamattomiin tuotantokatkoksiin. Tällaiset katkokset voivat aiheuttaa esimerkiksi tuotantosarjojen viivästymisiä.

Ennalta suunniteltu ja aikataulutettu kunnossapito auttaa minimoimaan odottamattomien pysähdysten riskin. Tämä tarkoittaa sitä, että kone huolletaan ja tarvittavat korjaukset suoritetaan ennalta suunniteltuina aikoina, mikä ehkäisee odottamattomien ongelmien syntymisen ja varmistaa koneen jatkuvan toimintakyvyn.

#### 3.1 Mekaaniset komponentit

Työstökoneiden mekaaniset komponentit käsittävät koneen osat, jotka ovat koneen työkierron aikana jatkuvassa tai toistuvassa liikkeessä. Liikkuvien osien taipumuksena on kulua, kun koneella ajetaan tuhansia tunteja vuodessa. Kulumista liikkuvissa osissa minimoidaan esimerkiksi keskusvoitelulla, mutta työstökoneissa vallitsevien olosuhteiden vuoksi komponentit altistuvat yleensä myös leikkuunesteelle ja metallilastuille. Leikkuuneste huuhtoo öljyä ja kuivuuksaan jää tahmeaksi koneen sisäpinnoille. Lastut kuluttavat liikkuvien osien tiivisteitä ja pyyhkijöitä, sekä väärään paikkaan joutuessaan rikkovat mekaanisia komponentteja.

### 3.1.1 Johteet

Johteet ovat aina osa työstökoneen rakennetta, ne tarjoavat liikealustan koneen akselikelkoille, jolla varmistetaan akseleiden suorat liikkeet. Johteiden päätehtävänä on minimoida vällys ja värinä akseleiden liikkeissä, mikä on ratkaisevan tärkeää tarkkojen työstöprosessien suorittamisessa.

Johdekomponentteja voidellaan jatkuvasti koneen toimiessa, jotta varmistetaan kitkan minimointi ja akselien sujuva liikkuminen, vaikka koneen akseleilla olisi suuriakin massoja kannateltavana.

#### **Lineaarijohteet**

Nykyaikaiset työstökoneet varustetaan lähes poikkeuksetta lineaarijohteilla, jotka tarjoavat useita etuja niin koneiden valmistuksessa kuin kunnossapidossa. Lineaarijohteet ovat erillisiä komponentteja, jotka voidaan tarvittaessa irrottaa koneen rungosta ja vaihtaa uusiin, mikäli ne vikaantuvat tai kuluvat.

Lineaarijohteiden toiminnassa keskeisiä ovat johdekengät, joihin akselikelkka kiinnitetään. Nämä johdekengät on suunniteltu sisältämään useita pieniä sylinterimäisiä laakerirullia tai laakerikuulia, jotka mahdollistavat kevyen liikkumisen, sekä samalla luoden jäykän rakenteen. Johdekengät tarvitsevat asianmukaista voitelua; tähän käytetään konemallin mukaan tarkoituksenmukaista öljyä tai rasvaa, jonka annostelu tapahtuu keskusvoitelujärjestelmällä.

Lineaarijohteiden rakenne ja toiminta mahdollistavat tarkat ja nopeat liikkeet työstökoneissa, samalla tarjoten helpon ja kustannustehokkaan ratkaisun huollolle ja kunnossapidolle.

## Lattajohteet

Lattajohteiksi kutsutaan tiettyä johdetyyppeä, joka muodostaa kiinteän osan työstökoneen rungosta ja akselikelkasta. Lattajohteiden liukupinta muodostetaan asentamalla muoviseoksesta valmistettu liuska akselikelkan liukupinnoille, ja tätä liuskaa voidellaan johdevoiteluöljyllä (Kuva 2). Voiteluöljy luo ohuen öljykalvon liukupinnan ja johteen välille.



Kuva 2. Akselikelkan lattajohteiden liukupinnat.

Lattajohteiden olennainen piirre on niiden välyksettömyys ja jäykkyys, joka saavutetaan käyttämällä johdekiiloja säädettävänä osana. Näitä kiiloja tarvitaan liukupinnan kulumisen kompensoimiseksi. Kiilat on säädettävä oikein, sillä virheellinen säätö voi johtaa joko välyksen muodostumiseen tai liian tiukkaan välykseen, jolloin voiteluöljy ei pääse asianmukaisesti liukupintojen väliin.

Lattajohteet ovat erittäin pitkäikäisiä ja tukevia, kun niitä huolletaan säännöllisesti ja säädöt pidetään oikeina. Toisaalta lattajohteiden rakenteen vuoksi akselinopeudet eivät ole yhtä nopeita kuin lineaarijohteilla, sillä lattajohteet eivät tarjoa yhtä kevyttä liikettä.

Vaurioituneiden lattajohteiden korjaus on erittäin työläs toimenpide, jota kutsutaan kaavaukseksi. Kaavauksessa kulunut johdepinta työstetään erikoistyökalulla, joka tekee liukupintaan pieniä öljytaskuja. Apuna työstettäessä käytetään kaavausväriä, jolla voidaan varmistaa kaavatun johdepinnan suoruus.

### 3.1.2 Kuularuuvit ja -mutterit

Kuularuuvit muodostavat olennaisen osan työstökoneiden rakennetta, sillä ne vastaavat servomootoreiden pyörivän liikkeen muuttamisesta suoraviivaiseksi liikkeeksi. Kuularuuvit on asennettu koneen runkoon johteiden suuntaisesti, ja niitä käytetään yhtä tai useampaa akselia kohden. Kuularuuvi pyörii laakereiden kannattamana, mikä mahdollistaa kitkattoman ja välyksettömän pyörivän liikkeen. Laakerit ovat joko kestovoideltuja tai niitä voidellaan johdevoiteluöljyllä. Kuularuuvien pitkittäisvälyys eliminoidaan käyttämällä viistokuulalaakereita, jotka asennetaan kuularuuvien kanssa yleensä pitkittäiseen jännitykseen. Tämä jännitys on olennainen aspekti värinän poistamiseksi, joka voisi aiheuttaa voimakkaita ravistuksia ja epätarkkuutta, sillä värinä voi helposti kumuloitua.

Kuulamutterit ovat keskeinen osa kuularuuvien toimintaa, ja ne liikkuvat pitkin kuularuuvia sen pyöriessä. Kuulamutterit on suunniteltu sisältämään laakerikuulia, jotka vastaavat kuularuuvin kierteen vastakappaletta, mikä mahdollistaa kitkattoman ja sulavan liikkeen. Johdevoiteluöljyä tai -rasvaa käytetään kuulamutterien voitelemiseen, mikä varmistaa, että liike pysyy kevyenä ja estää kulumisen. Kuulamutterit kiinnitetään akselikelkkaan koneessa, joka mahdollistaa akselikelkan liikkumisen kuulamutterin mukana kuularuuvia pyöritettäessä.



Kuva 3. Kulunut vanha kuularuuvi ja laakerointi, sekä uudet alkuperäiset varaosat.

Kuularuuvien kunnossapito käsittää yleensä ensisijaisesti kunnollisen voitelun, ja välysten tarkastuksen, sekä tämän jälkeen tarvittaessa laakereiden tai koko kuularuuvin vaihdon. Kuularuuvi ja -mutteri ovat aina pareja, eikä niitä voi erikseen vaihtaa, vaan kuularuuvi toimitetaan ja asennetaan aina kuulamutterin kanssa (Kuva 3). Kulunut tai vaurioitunut kuularuuvi ilmenee lisääntyneenä meluna, sekä epätarkkuutena. Kuularuuvi voi myös kulua paikallisesti, jos koneella ajetaan paljon samalla liikealueella. Epäkunnossa olevat kuularuuvien laakerit ilmenevät lisääntyneenä meluna, sekä välyksinä.

On erityisen tärkeää vikaa määriteltäessä, että oikeanlaiset mittaustekniikat hyödynnetään viallisen komponentin varmistamiseksi. Laakerivauriot ilmenevät yleisesti kuularuuvien päittäisvälilyksenä, kun taas kulunut ruuvi ilmenee välilyksenä akselikelkassa, eli tällöin välilyks muodostuu kuularuuvien ja -mutterin välille.

### 3.1.3 Kara-akseli

Työstökoneen kara on yksi keskeisimmistä komponenteista, jota käytetään koneissa riippumatta niiden tyypistä. Koneet sisältävät aina yhden tai useampia kara-akseleita. Karan päätehtävänä on luoda välilyksen ja vankka komponentti, joka mahdollistaa koneessa pyörivän liikkeen toteuttamisen. Koneen karan saama liike-energia tuotetaan sähkömoottorin avulla, ja tämän moottorin ominaisuudet ja teho vaihtelevat käyttökohteen ja tarpeen mukaan.

Karan kunnossapito on erikoisosaamista vaativa tehtävä, joka vaatii ammattitaitoa ja erityistä tietämystä. Suomessa on rajoitetusti koulutettuja ammattilaisia, jotka ovat erikoistuneet karan ja erityisesti karalaakereiden huoltoon ja korjaukseen.

Kara-akselin merkitys koneiden toiminnassa korostuu, ja sen oikeanlainen toiminta on ratkaisevan tärkeää tarkkojen ja laadukkaiden työstöprosessien varmistamiseksi. Siksi on olennaista panostaa karan kunnossapitoon varmistamalla koneiden optimaalisen suorituskyvyn ja luotettavuuden.

#### **Karalaakerit**

Karalaakereiden määrä vaihtelee kara-akselin mukaan. Karalaakerit voivat muodostua 2–6 kulmakosketuslaakerista, sekä 1 tai 2 rivisestä rullalaakerista, jonka laakerivälilyks on säädettävissä. Yleisimmät karalaakeroinnit kuitenkin sisältävät 2–4 kulmakosketuslaakeria, sekä 1 rivisen rullalaakerin (Kuva 4).



Kuva 4. Karalaakerointi, jossa 4 kulmakosketuslaakeria.

Karalaakereiden kuluneisuus voidaan havaita työstön aikana lisääntyneenä värinä, joka puolestaan vaikuttaa työstöjäljen laatuun, sekä tarkkuuteen.

Karan kunnossapito käsittää jyrsinkoneissa laakerivälyksen tarkastuksen työkalukartioon kiinnitettävän tuurnan avulla, sekä epänormaalin käyntiäänien korvakuulostelun. Sorvin karalaakereiden välysten tarkastaminen on yleensä haastavampaa suuremman massan vuoksi, mutta on kuitenkin mahdollista suorittaa mittaamalla esimerkiksi kiinnityspakan ulkopinnasta.

### **Työkalunlukitus**

Jyrsinkoneissa, sekä monitoimisorveissa työkalunlukitus lukitsee karalle vaihdetun työkalun. Työkalunlukitus toimii yleensä joko lautasjousista muodostetun jousipaketin voimalla, tai kaasujousen avulla. Työkalunlukitus

avataan hyödyntämällä hydraulisylinteriä, joka painaa lukituksessa käytettävän jousen auki.

Työkalunlukituksen kunnossapidossa tarkastellaan lukituksen vetovoimaa, joka mitataan erikoistyökalulla. Vetovoima määritellään yleisesti käytettävän jousen tai koneen valmistajan antamien tietojen mukaan. Liian alhainen vetovoima voi aiheuttaa työkalun värinää, joka johtaa työstöjäljen heikkoon laatuun, sekä epätarkkuuteen.

Työkalu lukittuu vetokynsien avulla, jotka ovat kiinnitetty lukitukseen käytettävään jouseen. Vetokynnet ovat kuluva komponentti. Kuluneet vetokynnet voivat aiheuttaa alentuneen lukitusvoiman, sekä toiminnallisia ongelmia työkalunvaihdossa. Vaurioituneet tai kuluneet vetokynnet tulee vaihtaa uusiin.



Kuva 5. Vaurioitunut kara-akselin työkalukartio.

Lukitustilanteessa työkalua vedetään karakartiota vasten, jonka vastakappale on työkalussa muodostaen tukevan liitoksen. Karakartio voi vaurioitua iskuista tai lastuista, jotka pääsevät karan ja työkalun kartiopintojen väliin (Kuva 5). Vaurioitunut karakartio heikentää työkalunlukitusta, sekä voi aiheuttaa työkalun epäkeskeisyyttä. Vaurioitunut kartiopinta voidaan korjata; hiomalla se erikoisvalmisteisella koneeseen kiinnitettävällä hiomakoneella.

### **Kiinnityspakat**

Sorveissa kara-akseliin kiinnitetään hydraulisylinterillä ohjattava kiinnityspakka, jonka tarkoituksena on toimia nopeana, sekä tukevana kiinnitysmenetelmänä. Kiinnityspakkojen rakenne muodostuu yleensä kolmesta kiinnitysleuasta, pakan rungosta, sekä kiilamaisella ohjauksella liikkuvasta mekanismista, jolla vetosylinterin muodostama vetovoima muutetaan kiinnityspakan puristusvoimaksi. Kiinnityspakan sisäiset liukupinnat altistuvat kovalle rasitukselle käytettävien voimien, sekä leikkuunesteen ja lastun vuoksi. Näiden tekijöiden vuoksi kiinnityspakan voiteluun käytetään erikoisvaseliinia, jolla on erinomainen pintapaineen kesto, sekä leikkuunesteen sietokyky.

Kunnossapidon osalta pakkojen vuosittainen huolto kattaa pakan purkamisen, jonka yhteydessä sisäisten liukupintojen kunto tarkastetaan, sekä ne putsataan. Kiinnityspakka kasataan uudelleen rasvattuna, joka takaa virheettömän toiminnan, sekä luotettavan puristusvoiman. Kiinnityspakan säännöllinen voitelu koneen operaattorin toimesta on kuitenkin yhtä ratkaisevaa, eikä sitä tule laiminlyödä.

Huoltamaton pakka on turvallisuusriski, sillä pahimmassa tapauksessa heikentynyt puristusvoima voi johtaa kappaleen irtoamiseen kiinnitysleuoista, joka aiheuttaa usein paljon vahinkoa koneeseen, sekä mahdollisesti koneen käyttäjään ja ympäristöön.

## Karahihnat

Työstökoneiden karamoottorit on usein sijoitettu eri linjaan kuin itse kara-akseli, ja voimansiirrossa käytetään yleisesti karahihnoja. Karahihnat koostuvat yleensä 2–8 V-urahihnasta, jotka kiristetään sähkömoottorin ja karan välille riittävän pidon saavuttamiseksi. Toisinaan voimansiirrossa käytetään myös hammashihnoja, mutta hammashihnoja hyödynnetään tavallisesti enemmän jyrsinkoneissa, sekä pienissä sorveissa.

Karahihnojen kunnossapitoon kuuluu oikean hihnan kireyden tarkastaminen ja säätäminen, sekä hihnojen kunnan tarkastelu mahdollisten vaurioiden varalta. Mikäli hihnat ovat vaurioituneet, ne tulee vaihtaa välittömästi uusiin. V-urahihnatkaisuissa yhden hihnan vaurioituminen ei yleensä vaikuta koneen toimintaan, paitsi erittäin suurta vääntömomenttia vaativissa tilanteissa.

Karahihnat ovat tärkeä osa voimansiirtoa työstökoneissa, ja niiden asianmukainen huolto ja kunnan tarkkailu varmistavat koneen luotettavan toiminnan ja vähentävät odottamattomien ongelmien riskiä.

### 3.1.4 Vaihteistot

Vaihdelaatikoita hyödynnetään työstökoneissa useissa eri sovelluksissa, mutta niiden yleisimmät käyttöalueet liittyvät kara-akselin voimansiirtoon.

Vaihdelaatikon avulla voidaan joko moninkertaistaa sähkömoottorin tuottamaa vääntömomenttia tai saavuttaa suurempi kierrosluku kara-akselille. Yleisesti käytetyt karan vaihdelaatikat ovat kaksivaihteisia: ensimmäisellä vaihteella saavutetaan 2–3 kertaa suurempi vääntömomentti, kun taas toisella vaihteella sähkömoottori on suorassa kytköksessä kara-akseliin suhteessa 1:1 eli suoravedolla. Vaihteistoja on myös erilaisia, ja niiden valinta riippuu käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi kulmavaihteita käytetään pyörivän liikkeen välittämiseen 90 asteen kulmaan.

Vaihdelaatikoiden kunnossapidossa on olennaista huomioida oikeanlaisen voiteluöljyn käyttö, sekä tarkastella laakereiden ja rattaiden kuntoa.

Vaihdelaatikon kunnan arvioimiseksi suoritetaan visuaalista tarkastelua vaihdelaatikon sisäpuolelta, tarkentaen esimerkiksi hammaspyörien kuntoa.

Lisäksi kuulostellaan korvakuulolla vaihdelaatikkoa pyörittämällä eri kierrosnopeuksilla. Kulunut tai vaurioitunut vaihdelaatikko antaa itsestään merkkejä, kuten lisääntyvää melua sekä epätasaisen kuorman tai suunnanvaihdon seurauksesta välyksen aiheuttamaa kolinaa.

### **Kulmavaihteet**

Kulmavaihteiden käyttökohteet painottuvat yleisesti jyrsinpäiden voimansiirtoon. Kulmavaihteissa käytetään kahta parihiottua hammasratasta, joiden hampaat ovat 45-asteen kulmaan koneistettuja. Ratasparilla saavutetaan pyörivän liikkeen siirtäminen kahden akselin välillä 90-asteen kulmaan. Kulmavaihteiden rakenne koostuu rungosta, kahdesta rattaasta, sekä rattaiden laakereista, jotka mahdollistavat tukevan ja kevyesti liikkuvan rakenteen (Kuva 6).

Kulmavaihteiden hammasvälystä tarkastellaan kunnossapidon yhteydessä, sillä kuluessaan välykäs kasvaa ja kuluminen kiihtyy. Rattaista vain toista ei voi vaihtaa, sillä ne vaikuttavat toinen toisiinsa ja ovat parihiottuja. Oikeanlaisen hammaskosketuksen säilyttäminen on tärkeää luotettavan ja pitkäikäisen toiminnan kannalta.



Kuva 6. Sorvin pyörivien työkalujen kulmavaihde.

Kulmavaihteen hammasvälys määritellään yleisesti noin 0,1–0,2 mm, mikä varmistaa, että voiteluöljy tai -rasva pystyy täyttämään kosketuspintojen välin. Hammasvälystä säädetään laakeroinnin ja laakeripesän väliin tulevilla hiotuilla prikoilla. Liian tiukka hammasvälys aiheuttaa ennenaikaista kulumista ja ylimääräistä jatkuvaa melua, sekä lämpöä. Liian suuri hammasvälys ilmenee kolinaäänenä ja voi käyttökohteen mukaan aiheuttaa esimerkiksi kierretapin tai muun terän katkeamisen äkillisen iskun seurauksena suunnanvaihdossa. Myös kuluminen kiihtyy liian suurella välyksellä, joka on seurausta hakkaavasta liikkeestä.

### 3.1.5 Työkalunvaihtajat ja revolverit

#### **Työkalunvaihtajat**

Automaattiset työkalunvaihtajat, jotka tunnetaan myös ammattitermillä ATC (Automatic Tool Changer), ovat laitteita, joiden päätehtävänä on vaihtaa työkaluja kara-akselille työkierron aikana. ATC:n rakenteessa käytetään yleisesti mekaanista ratkaisua, joka mahdollistaa sähkömoottorin pyörivän liikkeen muuttamisen 180 asteen käännökseksi. Tämän jälkeen laite suorittaa pitkittäisen vedon, jonka avulla se irrottaa työkalun kara-akselilta sekä välivaihtajalta. Seuraavaksi ATC tekee uuden 180 asteen käännöksen ja vaihtaa työkalut kara-akselin ja välivaihtajan välillä. Välivaihtajan tehtävänä on kuljettaa vaihdettava työkalu työkalumakasiinista ja palauttaa vaihdettu työkalu takaisin työkalumakasiiniin. Työkalunvaihtajien mekaanisen rakenteen vuoksi oikeanlainen voitelu on äärimmäisen tärkeää. Työkalunvaihtajat sisältävät yleisesti useita laakereita, rattaita ja muita mekaanisia komponentteja.

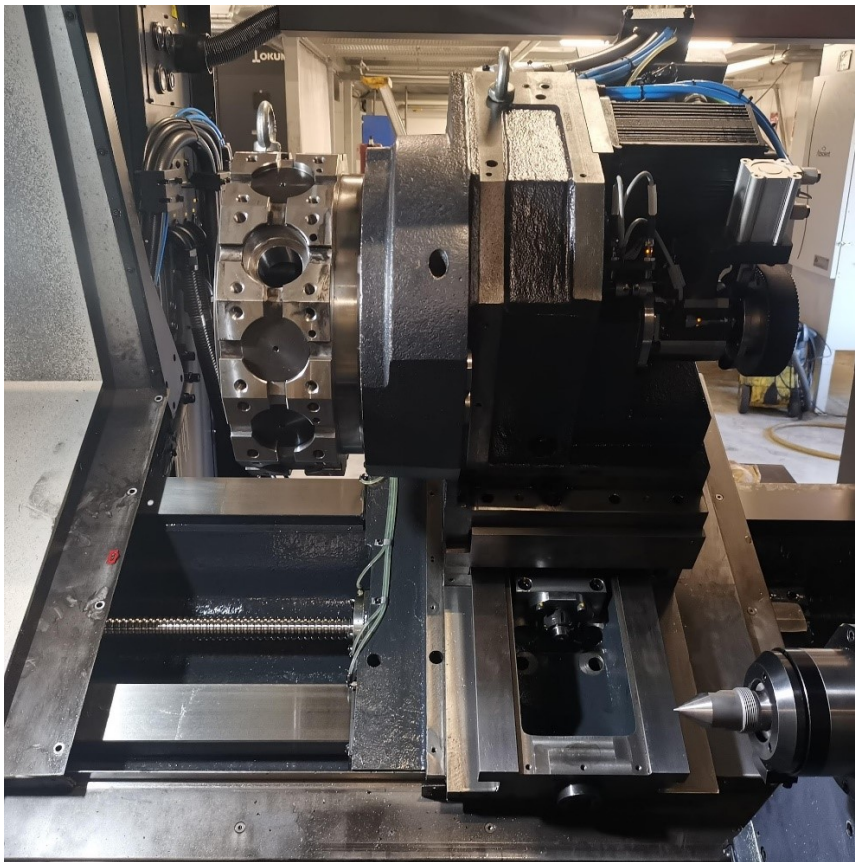
Työkalunvaihtajan kunnossapidossa keskitytään yleisesti välysten ja kulumisen tarkasteluun sekä voiteluöljyjen vaihtoon. Työkalunvaihtajat ovat erityisen herkkiä vikojen suhteen työstökoneen komponenteista, sillä ne toimivat usein erittäin suurilla nopeuksilla ja sisältävät runsaasti osia, jotka voivat kulua tai vaurioitua. Lisäksi työkalunvaihtajan tarttuja, joka tarttuu työkaluun sen vaihdon yhteydessä, on altis kulumiselle ajan myötä.

Tarttujan kynnet toimivat yleensä jousikuormituksen ja lukitustappien avulla. Oikeassa asennossa lukitustapit ovat avoimia, mikä mahdollistaa työkaluun tarttumisen. Käännön aikana nämä tapit lukittuvat, estäen työkalun putoamisen kesken kääntöliikkeen. Yleisiä tarttujan vikoja voivat olla jousien katkeaminen, lukitustappien ja kynsien jumiutuminen lastujen tai leikkuunesteen aiheuttamista syistä. Tällaiset ongelmat vaativat huolellista tarkastelua ja tarvittaessa korjaustoimenpiteitä, jotta työkalunvaihtajan toimintavarmuus säilyy ja tuotantoprosessi sujuu häiriöttömästi.

## Revolverit

Revolvereiden toiminta perustuu hydraulisynteriin, joka avaa ja sulkee työkalujen paikoitusta koskevan lukituksen, sekä servo- tai hydraulikkamoottoriin, joka vastaa revolverin kääntöliikkeestä. Revolvereiden merkittävä etu on niiden yksinkertainen rakenne, joka takaa luotettavan toiminnan ja pitkän lähes huoltovapaan käyttöiän (Kuva 7).

Revolvereiden kunnossapidon keskeisenä kohteena on yleensä epätarkkuus, joka voi syntyä törmäyksen seurauksena. Törmäystilanteissa revolveri on usein ensimmäinen komponentti, joka kokee iskun. Voimakkaammissa törmäyksissä akselikelkka, johon revolveri on kiinnitetty, voi kääntyä tai jopa vaurioitua. Törmätty revolveri tulee oikaista koneen akseleihin nähden, jotta koneen työstötarkkuus saadaan palautettua. Törmäystilanteessa revolveri kääntyy usein pyörähdysuunnassaan, sekä kiinnitystasollaan.



Kuva 7. Työkalurevolveri, joka varustettu pyörivillä työkaluilla.

Ajan kuluessa revolverien laakerit ja tiivisteet vaativat myös huoltoa ja kunnossapitoa, sillä jatkuva pyörivä liike aiheuttaa kulumista tiivisteille ja laakereille. Näiden komponenttien asianmukainen ylläpito on tärkeää, jotta varmistetaan revolverin tarkka ja luotettava toiminta työstöprosessissa.

### 3.1.6 Johdesuojat

Työstökoneiden johdesuojat ovat tärkeitä komponentteja, jotka estävät lastujen ja leikkuunesteen pääsyn kriittisten koneen osien läheisyyteen. Tyypillisesti johdesuojat ovat teleskooppirakenteisia ja valmistettu ohuesta pellistä.

Johdesuojat liikkuvat koneessa akselikelkkojen mukana ja niiden teleskooppiosien välissä hyödynnetään pyyhkijöitä, jotka estävät lastujen ja leikkuunesteen pääsyn suojien osien väliin tai niiden alle.

Johdesuojien kuntoa on välttämätöntä seurata säännöllisesti, ja suojat on ylläpidettävä moitteettomassa kunnossa. Vaurioituneet tai kuluneet johdesuojat ja pyyhkijät voivat aiheuttaa lastujen ja leikkuunesteen tunkeutumisen esimerkiksi johteiden ja kuularuuvien väliin. Tällaiset tilanteet saattavat johtaa merkittäviin laitteiston vaurioihin, mikä voi aiheuttaa merkittäviä korjauskustannuksia ja tuotantokatkoksia.

Johdesuojien asianmukainen kunnossapito on ensiarvoisen tärkeää, ja vaurioituneet suojat on korjattava tai vaihdettava mahdollisimman nopeasti. Näin voidaan minimoida ylimääräiset kustannukset ja tuotantohäiriöt, jotka voivat syntyä suojien puutteellisen toiminnan seurauksena.

### 3.1.7 Lastunkuljettimet

Työstökoneesta riippumatta lastunkuljetin on olennainen osa prosessia, joka kuljettaa syntyvät metalli- tai muovilastut pois koneesta. Jyrsinkoneessa lastunkuljetin toimii usein yhteistyössä lasturuuvien kanssa, jotka siirtävät lastut kuljettimelle. Tyypillisesti lastunkuljetin on liukuhihnan tapainen kuljetin, joka liikkuu kiskoilla ja pyörii sähkömoottorin voimalla.

Lastunkuljettimen kunnossapitoon sisältyy kuljetinhihnan oikean kireyden tarkistaminen ja säätäminen, samoin kuin mahdollisten voimansiirron ketjujen säätö ja voitelu sähkömoottorin ja pyöritysakselin välillä. Huonosti huollettu lastunkuljetin saattaa altistua jumiutumiseksi, mikä häiritsee tuotantoa. Koneen ohjausjärjestelmän mukaan lastunkuljettimen häiriö voi johtaa jopa koko työstöprosessin keskeytymiseen. Jos tuotantoprosessi ei keskeydy, niin pysähtyneen ketjun tyhjennys vaatii ylimääräistä aikaa ja työtä koneen käyttäjältä.

### 3.2 Hydraulikka ja pneumatiikka

Työstökoneissa hydraulikkaa ja pneumatiikkaa hyödynnetään laajasti erilaisissa toiminnoissa. Nämä järjestelmät mahdollistavat suurten voimien tai pitkien liikkeiden saavuttamisen ilman monimutkaisia mekaanisia järjestelmiä. Hydraulikkaa käytetään yleisesti suuria voimia vaativissa sylinteritoiminnoissa, kun taas pneumatiikka soveltuu kevyempien liikkeiden ohjaukseen.

Työstökoneen toiminnan näkökulmasta näiden järjestelmien ylläpito on erittäin tärkeää, koska niiden ohjaamat toiminnot ovat usein kriittisiä koneen virheettömälle toiminnalle. Järjestelmien huolto suoritetaan yleensä vuosittain, mutta jos kone toimii jatkuvasti kolmessa vuorossa, saattaa olla tarpeen suorittaa huoltoa useammin, esimerkiksi puolen vuoden välein.

Huollon aikana tulee tarkastaa järjestelmien komponentit, kuten sylinterit, venttiilit ja letkut, varmistaakseen niiden toimintakunnon. Lisäksi on tärkeää tarkistaa järjestelmien tiiveys ja suorituskyky. Huoltotyöt voivat sisältää komponenttien puhdistusta, voitelua, tiivisteiden vaihtoa ja tarvittaessa vioittuneiden osien korjausta tai vaihtoa.

Hydrauliikka- ja pneumatiikkajärjestelmien asianmukainen kunnossapito parantaa koneen luotettavuutta, vähentää käyttöhäiriöitä ja pidentää järjestelmien elinikää. Tämä on erityisen tärkeää teollisissa ympäristöissä, joissa koneiden luotettava toiminta on keskeistä tuotannon kannalta.

### 3.2.1 Sylinterit

#### **Hydraulisyliinterit**

Hydraulisyliinterien yleisimpiä käyttökohteita ovat kara-akselin vetosylinterit, joita hyödynnetään sorveissa kappaleen tukevaan kiinnittämiseen koneeseen kiinnityspakan avulla. Sylinteri muodostaa vetävän voiman, joka vaihtelee yleensä 10-250kN välillä, vetosylinterin ja kiinnityspakan koon mukaan. Usein myös työkalurevolverin lukitus ja avaus tapahtuu hydraulisyliinterin liikkeellä, jolloin varmistetaan tukeva kiinnitys lukitustilanteessa. Jyrsinkoneissa hydraulisyliinteriä hyödynnetään usein työkalunlukituksen avaukseen. Hydraulisyliinterien etuja ovat niiden tuottamat suuret veto- ja työntövoimat kompaktista koosta huolimatta.



Kuva 8. Revolverin hydraulisynterän männänvarsi, männät, tiivisteet ja tiivisteiden tukirenkaat.

Hydraulisynteröiden kunnossapitoon sisältyy sekä ulkoisten että sisäisten vuotojen tarkastelua ja korjausta. Ulospäin vuotava sylinteri menettää hydraulikkaöljyä järjestelmästä, mikä voi aiheuttaa toimintahäiriöitä ja tuotantokatkoksia. Sisäisen vuodon havaitseminen ja paikallistaminen vaativat syvällisempää järjestelmän tuntemusta.

Sisäinen vuoto ilmenee yleensä lisääntyneenä hydraulipumpun käyttönä sekä heikentyneenä sylinterin veto- tai työntövoimana. Riippumatta siitä, onko vuoto sisäinen vai ulkoinen, se edellyttää sylinteröiden tiivisteiden vaihtamista. Kun sylinterin tiivisteitä vaihdetaan, suositellaan yleensä koko tiivistesarjan vaihtamista, eikä pelkästään vuotavaa tiivistettä. Tämä johtuu siitä, että tiivisteet eivät yleensä ole kovin kalliita, mutta ne ovat jatkuvassa kulutuksessa ja siksi ne vaativat säännöllistä huoltoa.

Kun tiivistesarja vaihdetaan, on tärkeää varmistaa, että uudet tiivisteet ovat laadukkaita ja sopivat sylinteriin oikein (Kuva 8). Lisäksi on suositeltavaa tarkistaa sylinterin muut osat, kuten männät ja liukuputket, mahdollisten kulumien tai vaurioiden varalta, ja tarvittaessa suorittaa tarvittavat korjaus- tai vaihtotoimenpiteet.

Hydraulisyylintereiden asianmukainen kunnossapito on olennaista koneiden luotettavan toiminnan ja pitkän käyttöiän kannalta. Säännöllinen tarkastelu ja huolto auttavat vähentämään häiriöitä ja varmistamaan, että hydraulikkajärjestelmä toimii odotetusti.

### **Pneumatiikkasyylinterit**

Pneumatiikkasyylintereitä käytetään yleisesti kevyissä liikkeissä, kuten ATC:n välivaihtajan toiminnassa tai erilaisten luukkujen ja ovien automaattisessa avauksessa. Pneumatiikkasyylintereiden etuna on niiden erittäin kevyt ja kompakti rakenne.

Jyrsinkoneiden työkalunlukituksen avaaminen voi myös perustua pneumatiikkaan, mutta tällaisia sylintereitä kutsutaan yleisesti booster-sylintereiksi (Kuva 9). Tämä järjestelmä koostuu yleensä suuresta pneumatiikkasyylinteristä, jonka varsi toimii pienenä mäntänä hydraulikkasyylinterille. Tällaisella järjestelmällä voidaan muuntaa pneumatiikan 6–8 baarin paine noin 60–80 baarin hydraulikkapaineeksi, mikä tarjoaa tarvittavaa voimaa työkalulukituksen avaamiseen.



Kuva 9. Pneumaattinen booster sylinteri.

Pneumatiikkasyylintereiden kunnossapito noudattaa pääpiirteittäin samankaltaisia periaatteita kuin hydraulisyylintereiden huolto. Tiivisteet vaihdetaan, kun sisäisiä tai ulkoisia vuotoja havaitaan. Erona on, että jos pneumatiikkasyylinterin liukupinnat tai muut mekaaniset osat ovat vaurioituneet, vaihdetaan yleensä koko sylinteri uuteen varaosaan. Yleensä pienimpiä sylintereitä ei korjata ollenkaan, vaan vikaantuessaan ne vaihdetaan suoraan uuteen.

Pneumatiikkasyylintereiden asianmukainen huolto ja kunnossapito ovat tärkeitä niiden luotettavan toiminnan ja pitkän käyttöiän takaamiseksi. Säännölliset tarkastukset ja tarvittavat huoltotoimenpiteet auttavat varmistamaan, että pneumatiikkajärjestelmät toimivat odotetusti ja turvallisesti erilaisissa sovelluksissa.

### 3.2.2 Hydrauliiikkaöljyt

Työstökoneissa käytetään yleisesti korkealaatuisia hydrauliiikkaöljyjä, joiden viskositeetti vaihtelee tavallisesti ISO VG 32-46 -luokassa. Erityisesti ISO VG32 -luokan öljy on yleinen valinta, koska se soveltuu käytännössä kaikkien työstökoneiden hydrauliiikkajärjestelmiin. Työstökoneissa käytettävät hydrauliiikkaöljyt ovat yleensä lisäaineistettuja, jotta ne voivat vastata mahdolliseen leikkuunesteeseen tai muihin epäpuhtauksiin öljyn seassa.

Nämä öljyt erottuvat myös voiteluominaisuuksiltaan, sillä ne on suunniteltu tarjoamaan tehokasta voitelua ja suojaa järjestelmän liikkuvissa osissa. Tämä on erityisen tärkeää työstökoneiden hydrauliiikkajärjestelmissä, joissa liikkeiden on oltava tarkkoja ja kitkattomia. Pneumatiikkajärjestelmissä käytettävä öljystin hyödyntää myös samaa hydrauliiikkaöljyä, jota käytetään järjestelmän osien sisäiseen voiteluun.

Hydrauliiikkaöljyt ovat keskeinen osa koneiden kunnossapitoa. Öljyjen vaihtaminen säännöllisesti vuosihuollon yhteydessä on yleinen käytäntö, ja samalla öljysäiliö puhdistetaan. Tällä tavoin varmistetaan, että järjestelmään ei kerry epäpuhtauksia tai saasteita öljyn sekaan, mikä voi aiheuttaa toimintahäiriöitä ja vaurioita pitkällä aikavälillä.

Hydrauliiikkaöljyjen laatu ja kunto ovat kriittisiä tekijöitä koneiden toiminnan varmistamisessa. Öljyt voivat myös pilaantua, jos ne altistuvat liialliselle kuumuudelle. Siksi öljyjen säännöllinen tarkkailu, vaihtaminen ja tarvittaessa säiliön puhdistaminen ovat olennainen osa työstökoneiden kunnossapitoa.

### 3.2.3 Pumput ja suodattimet

Hydrauliiikkapumput ovat olennainen osa hydrauliiikkajärjestelmiä. Työstökoneissa käytetään pumppuja, jotka pyörivät sähkömoottorin avulla.

Pumpun tehtävänä on luoda tarvittava hydraulikkapaine järjestelmään. Vaikka pumppuja on monenlaisia, niiden perustarkoitus on yhtenäinen.

Nykyään monissa moderneissa koneissa käytetään taajuusmuuntajakäyttöisiä hydraulipumppuja, jotka mahdollistavat energiankulutuksen optimoinnin (Kuva 10). Tällä tavoin voidaan vähentää hukkaenergian määrää, kun hydraulikkaa tarvitaan hetkellisesti koneessa vähemmän. Vanhemmissa koneissa ylimääräinen hydraulikkapaine ohjataan ylipaineventtiilin kautta takaisin säiliöön, mikä johtaa siihen, että pumppu toimii jatkuvasti täydellä teholla. Uudemmissa taajuusmuuntajakäyttöisissä koneikoissa voi olla myös ylipaineventtiili, mutta sen tarkoitus on usein lisätä järjestelmän turvallisuutta vikatilanteessa.



Kuva 10. Moderni taajuusmuuntajakäytöllä varustettu hydraulikkayksikkö.

Hydraulipumput ovat yleensä huoltovapaita, kunhan järjestelmän puhtautta ja öljyn säännöllistä vaihtoa valvotaan. Jos pumppu vikaantuu, se ei kykene enää tuottamaan tarvittavaa painetta, ja hydrauliset toiminnot eivät toimi kunnolla. Useimmissa tapauksissa pumppuihin on saatavilla varaosia, joiden avulla ne

voidaan korjata, mutta varaosien ja vaaditun työmäärän kustannus usein ylittää uuden pumpun hankintahinnan. Jotkut hydraulikkapumput on myös suunniteltu niin, että vikaantuessaan ne vaihdetaan yksinkertaisesti uuteen, eikä niihin ole varaosia saatavilla.

Pumpun imuputki, joka imee öljyä säiliöstä, on yleensä varustettu imusihdillä, jonka tehtävänä on suodattaa öljystä likaa ja epäpuhtauksia. Joissain järjestelmissä myös hydraulikkaöljyn paluulinja säiliöön on varustettu paluusuodattimella, joka parantaa suodatustehokkuutta ja estää lian pääsyn öljynkierrosta takaisin säiliöön. Näiden suodattimien kunnossapitoon kuuluu yleensä metalliverkkoisen imusuodattimen pesu ja puhdistus sekä paperisen paluusuodattimen vaihto vuosihuollon yhteydessä. Tämä varmistaa, että hydraulikkajärjestelmä pysyy mahdollisimman puhtaana ja toimii moitteettomasti.

### 3.2.4 Putket ja letkut

Työstökoneissa hydraulikka- ja pneumatiikkajärjestelmien letkut ovat usein alttiita hajoamiselle. Koneissa akseleille letkut kulkevat usein energiansiirtoketjuissa, jonne saattaa päästä lastuja, ja ne ovat muutenkin jatkuvassa liikkeessä ja rasituksessa. Ajan myötä letkut voivat vaurioitua, sekä alkaa vuotamaan. Myös pitkään kemikaaleille altistunut letku voi alkaa halkeilla. Letkut ovat usein metallikudoksella vahvistettuja, mutta tämä ei tarkoita, että ne olisivat ikuisia. Metalliputkista rakennetut painelinjat ovat yleensä hyvin pitkäikäisiä sekä huoltovapaita, mutta niiden käyttö on rajoitettua, sillä niitä ei voi käyttää liikkuvissa komponenteissa.

Pneumatiikkaletkut ovat valmistajan mukaan yleensä valmistettu muoviseoksesta, joka on öljynkestävää tai rajoitetusti öljynkestävää. Öljynkestävät letkut ovat yleisesti luotettavia, ja hajoavat oikein asennettuna ainoastaan lastujen tai hankaavan kulutuksen seurauksena. Jos koneessa on valmistajan toimesta käytetty pneumatiikkaletkua, joka ei kestä asianmukaisesti

öljyä tai leikkuunestettä, vaan alkaa ajan saatossa kovettumaan, on nämä letkut erittäin epäluotettavia. Tällaisten pneumatiikkaletkujen käyttö johtaa yleensä ylimääräisiin tuotantokatkoksiin, sekä kunnossapitotoimenpiteisiin, jotka voitaisiin välttää oikeanlaisen letkumateriaalin käytöllä.

### 3.2.5 Venttiilit

Hydrauliikka- ja pneumatiikkajärjestelmien toimintoja ohjataan usein venttiilien avulla, joita pystytään käyttämään sähkövirralla. Hydrauliikkajärjestelmien venttiilit ovat raskasrakenteisia, sekä tarkasti valmistettuja komponentteja suuren käyttöpaineen vuoksi. Pneumatiikkaventtiilit ovat yleensä hyvin kompakteja, sekä valmistajan mukaan ne on valmistettu muovista tai metallista.



Kuva 11. Työstökoneen hydrauliikkaventtiilin runko, ja kara.

Venttiilit ovat myös alttiita vikaantumiselle, joka ilmenee venttiilien jumiutumisenä tai toimimattomuutena. Hydrauliikkaventtiilit ovat usein purettavissa, jolloin venttiili on mahdollista purkaa, puhdistaa, sekä kiillottaa

liukupinnat ja vaihtaa tiivisteet (Kuva 11). Näin voidaan eheyttää venttiilin toiminta. Jos huoltotoimenpiteistä huolimatta, sekä ohjauksen toiminnan tarkastuksen jälkeen venttiili ei toimi odotetusti, on se syytä vaihtaa uuteen.

Pneumatiikkaventtiilien rakenne voi olla sinetöity, eikä niitä aina pysty purkamaan. Tämän vuoksi välillä venttiilien huoltotoimenpiteet rajoittuvat ohjauksen toiminnan tarkastukseen, sekä tarvittaessa uuden venttiilin asennukseen. Jos pneumatiikkaventtiili on purettavissa, pätee siihen samat huoltotoimenpiteet kuin hydraulikkaventtiiliin. Purettavat pneumatiikkaventtiilit sisältävät yleensä myös tiivisteitä, jotka ovat venttiilin huollon yhteydessä kannattavaa vaihtaa uusiin.

### 3.3 Sähkö- ja automaatiojärjestelmät

Työstökoneiden sähkö- ja automaatiojärjestelmät sisältävät koneen voimantuoton, ohjauksen, sekä automaation. Eurooppalaiset työstökoneet toimivat 400 voltin 3-vaihejännitteellä, kun taas esimerkiksi Japanissa, sekä Koreassa valmistetut koneet toimivat 200 voltin 3-vaihejännitteellä. Euroopassa käytettävissä koneissa, jotka ovat alun perin suunniteltu matalamman jännitteen sähköverkolle; käytetään virransyötössä muuntajaa, joka muuntaa verkkojännitteen oikeansuuruiseksi käyttöjännitteeksi koneelle.

#### 3.3.1 Ohjaus

Työstökoneen ohjaus perustuu CNC-ohjaukseen, joka mahdollistaa koneen automaattisen toiminnan. Tämä ohjausjärjestelmä koostuu useista keskeisistä komponenteista, jotka yhdessä mahdollistavat koneen tarkan hallinnan ja ohjauksen.

Ohjauspaneeli on käyttäjän käytössä oleva laite, jonka avulla ohjataan koneen toimintoja ja asetuksia. Tämä paneeli mahdollistaa käyttäjän vuorovaikutuksen CNC-ohjauksen kanssa.

Servovahvistimet eli ohjauskortit ovat osa CNC-ohjausta ja vastaavat servomootoreiden ohjaamisesta. Servomootorit ovat koneen liikejärjestelmän olennainen osa ja niitä ohjataan tarkasti ohjauskorttien avulla.

Koneen logiikkaa ohjaa yleensä PLC (Programmable Logic Controller), joka on ohjelmoitava logiikkakontrolleri. PLC:ssä määritellyt ohjelmat ja logiikka auttavat hallitsemaan koneen toimintoja, kuten liikkeitä, asetuksia ja turvallisuutta.

Kaikki nämä järjestelmät kommunikoivat keskenään väylän avulla. Väylä on tietoliikenneyhteys, joka mahdollistaa tehokkaan ja nopean tiedonsiirron eri moduulien ja komponenttien välillä.

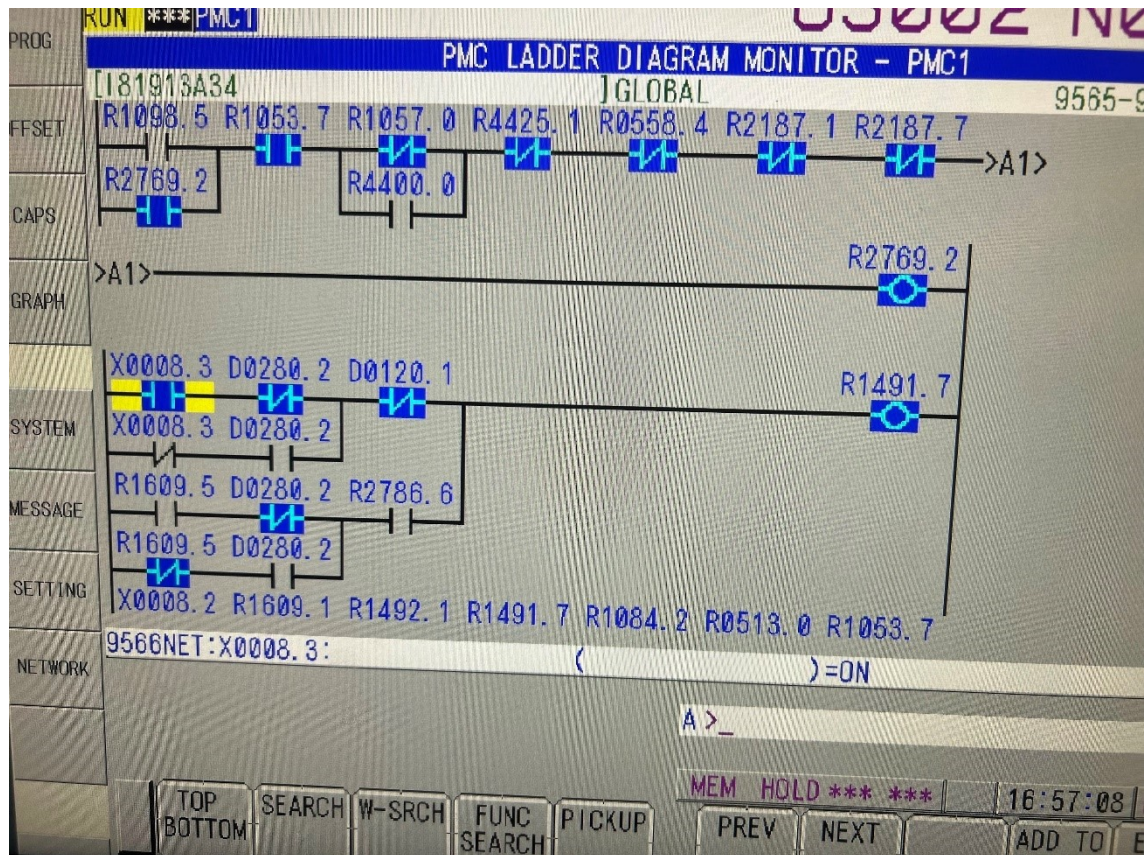
## **Käyttö**

Työstökoneen käyttöpaneelin ohjausjärjestelmää kutsutaan koneen käytöksi, ja se on keskeinen osa koneen operointia. Vuosien varrella ohjausjärjestelmät ovat kehittyneet merkittävästi sekä koneen toiminnan, että kunnossapidon suhteen. Nykyaikaiset ohjausjärjestelmät ovat edistyneet erityisesti käyttäjäystävällisyyden näkökulmasta.

Nykyisin käyttäjillä on käytössään monipuolisempia työkaluja koneen ohjauksessa, mikä helpottaa merkittävästi ohjelmien luomista ja muokkaamista suoraan työstökoneen käyttöpaneelin kautta. Tämä parantaa ohjelmointiprosessin tehokkuutta ja helpottaa käyttäjien työtä.

Käyttäjäystävällisemmät ohjausjärjestelmät tekevät koneiden käytöstä sujuvampaa ja mahdollistavat nopeamman oppimisen uusille käyttäjille. Ne myös vähentävät virheiden riskiä ja parantavat yleistä tuottavuutta työstökoneiden käytössä. Kehittyneiden ohjausjärjestelmien ansiosta

työstökoneiden käyttö on tullut helpommaksi ja tehokkaammaksi kuin koskaan aiemmin.



Kuva 12. Työstökoneen reaaliaikainen ladder-kaavio, eli tikapuukaavio.

Vanhempien ohjausjärjestelmien vianhaku saattaa olla haastavaa johtuen koneen rajoittuneesta diagnostiikasta ja vähemmän kehittyneestä käyttöliittymästä. Tämä voi tehdä vianhakuprosessista ajoittain työlästä ja aikaa vievää.

Toisaalta nykyaikaisissa ohjausjärjestelmissä vianhaku ja diagnosointi ovat yleensä tehokkaampia ja monipuolisempia, mutta samalla ne voivat olla monimutkaisempia toimenpiteitä niille, jotka eivät ole perehtyneet niihin riittävästi. Uudemmissa ohjausjärjestelmissä voi usein hyödyntää diagnostiikassa ominaisuuksia, kuten tikapuukaavioita, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen diagnosoinnin ja vianetsinnän (Kuva 12).

Kuitenkin on tärkeää huomata, että riippumatta ohjausjärjestelmästä, vianhaku vaatii yleensä vahvaa ammattitaitoa ja osaamista. Kokenut ja koulutettu henkilöstö on usein tarpeen tunnistamaan ja korjaamaan ongelmia koneissa. Kokonaisvaltainen ymmärrys koneen toiminnasta ja sen ohjausjärjestelmästä on olennaista tehokkaan vianhakutyön suorittamiseksi.

### **Parametrit ja varmuuskopio**

Parametrit ovat olennainen osa työstökoneiden toimintaa, ja ne määrittelevät monia koneen toimintoihin liittyviä asetuksia ja aspekteja. Ilman oikeita parametreja kone ei voi toimia oikein tai sen toiminta voi olla epävarmaa. Suurin osa näistä parametreista on valmistajan määrittelemiä, ja niitä ei ole tarkoitus muuttaa. Kuitenkin joissain tilanteissa voi olla tarpeellista muuttaa tiettyjä parametreja, esimerkiksi koneen olosuhteiden muuttuessa.

Tärkeää on ymmärtää, että parametrien muuttaminen voi vaikuttaa merkittävästi koneen toimintaan, ja se tulisi tehdä vain, jos tunnetaan muutosten vaikutukset. Esimerkiksi nollapisteen asetuksen muuttaminen voi olla tarpeen, kun koneen akseleita on suoristettu, mutta tällaiset muutokset on tehtävä tarkkaan harkiten, sekä koulutetun ammattilaisen toimesta.

Parametrien tärkeys koneen toiminnan kannalta tarkoittaa, että myös niiden varmuuskopioiminen ajoittain on tärkeää. Varmuuskopioon sisällytetään yleensä myös kaikki työstökoneen ohjauksessa olevat ohjelmat, joten riittävän usein suoritettu varmuuskopiointi voi estää odottamattomat tuotantokatkokset, jotka voisivat olla seurausta tietojen menetyksestä. Koneen mukana toimitetaan usein dokumentit koneen tehtaalla määritetyistä parametreista, mutta niiden manuaalinen syöttö koneen ohjaukseen on hyvin työlästä. Digitaalinen kopio koneen parametreista on aina tehokkain tapa varmistaa, että parametrien tai ohjelmien häviäminen ohjauksesta esimerkiksi muistiparistojen tyhjentymisen seurauksena ei johda pitkiin tuotantokatkoksiin.

Normaalissa tilanteessa, kun koneen virrat sammutetaan, säilyy parametrit koneen ohjauksessa muistiparistojen syöttämän jännitteen avulla. Nämä muistiparistot ovat tarpeellista vaihtaa normaalisti vuoden välein, mutta konevalmistajan mukaan voi vaihtoväli olla myös pidempi.

### Servovahvistimet

Työstökoneessa servovahvistimien tehtävä on ohjata tarkasti koneen akseleiden servomoottoreita. Servovahvistimet keskustelevat koneen käytön kanssa väylän välityksellä, jolla mahdollistetaan nopea ja tehokas tiedonsiirto. Servovahvistimet toimivat usein DC-jännitteellä, eli tasajännitteellä, joka tuotetaan servovahvistimille tarkoitetun virtalähteen avulla (Kuva 13).



Kuva 13. Työstökoneen Fanuc -ohjausjärjestelmän akseleiden servovahvistimet, sekä DC-virtalähde.

Servovahvistimet yleensä välittävät myös ohjattavien akseleiden mittatiedon ohjaukselle, sillä koneessa käytettävät mittalaitteet on usein kytketty suoraan servovahvistimeen. Mittalaitteiden vuoksi on servovahvistimet usein varustettu muistiparistoilla, jotka varmistavat virransyötön ollessa poiskytkettynä, että vahvistin ei menetä paikoitustietoa.

Servovahvistimien kunnossapitoon kuuluu DC-syöttöjännitteen tarkastus, sekä muistiparistojen vaihto vuosihuollon yhteydessä. Vahvistimien jäähdytystuulettimien toiminta tulee myös tarkastaa, sekä vialliset tuulettimet on vaihdettava uusiin. Rikkoutuessaan vaihdetaan servovahvistin yleensä uuteen, sillä vahvistimet ovat monimutkaisia komponentteja, jotka ovat myös erittäin kalliita. Vanhasta servovahvistimesta hyvitetään usein merkittävä summa uuteen vahvistimeen, jos viallista vahvistinta ei ole avattu tai yritetty korjata.

### **I/O-kortit**

Työstökoneessa I/O eli Input/Output kortit ovat linkki koneen logiikan ja ohjattavien komponenttien, sekä antureiden välillä. I/O-kortit on kytketty koneen käyttöön väylällä, jolloin kytkentä on mahdollista toteuttaa yksinkertaisesti. I/O kortit vastaavat releiden ohjauksesta, sekä niihin kytketään antureilta tulevat signaalit. Releitä ohjataan output signaaleilla, jotka ovat ohjaukselta lähteviä käskyjä, kun taas antureilta saapuvat signaalit ovat input signaaleja, jotka saatetaan ohjaukselle I/O-kortin välityksellä.

I/O kortit sisältävät yleensä suuren määrän pienoisreleitä, joita ohjataan koneen logiikalta saapuvien käskyjen perusteella (Kuva 14). pienoisreileillä ohjataan yleensä 24 voltin DC-jännitettä, jota käytetään koneen releiden, kontaktorien ja antureiden ohjaus- tai syöttöjännitteenä.



Kuva 14. Siemens ohjauksjärjestelmän Input ja Output moduulit.

I/O korttien kunnossapito pitää sisällään toiminnan tarkastuksen, joka pystytään toteuttamaan mittaamalla kanavien toimintaa yleismittarilla, sekä vertaamalla tätä tietoa kanavien tilaan nähden. I/O kortteja voi myös olla mahdollista korjata mallin mukaan, esimerkiksi kortin sisäisen pienoisreleen rikkoutuessa.

### 3.3.2 Sähkömoottorit

Työstökoneessa käytetään useita erilaisia sähkömoottoreita toimintojen suorittamiseen. Servomoottoreita hyödynnetään akseleiden käytössä niiden tarjoaman tarkkuuden ja nopeuden vuoksi. 3-vaihe vaihtovirtamoottoreita käytetään työkalunvaihtajissa, sekä pumpuissa ja lastunkuljettimissa. 1-vaihe vaihtovirtamoottoreita hyödynnetään usein pienissä pumpuissa kuten johdevoitelu- ja sumuvoiteluyksiköissä.

## Servomoottorit

Servomoottorit ovat sähkömoottoreita, jotka tarjoavat tarkan ja hallitun liikkeen ohjauksen. Niille ominaista on tarkkuus ja nopeus, jotka tekevät niistä erinomaisia työstökoneiden akseleiden ohjaukseen. Servomoottoreiden paikoituksen tarkkuus on erityisen tärkeä piirre, sillä ne pystyvät liikuttamaan akselia hyvin tarkasti ja toistettavasti haluttuun paikkaan. Tämä tekee niistä ihanteellisia työstökoneiden liikeohjauksessa, jossa vaaditaan tarkkaa toimintaa ja paikoitusta.

Toinen keskeinen ominaisuus on servomoottoreiden kyky tarjota välitön korkea vääntömomentti ja nopeus. Työstökoneissa tarvitaan usein voimakkaita liikkeitä nopeasti, ja servomoottorit pystyvät tarjoamaan tarvittavaa voimaa leikkaamiseen, poraamiseen ja muihin työstötoimenpiteisiin samalla säilyttäen nopeuden.

Lisäksi servomoottorit mahdollistavat hallitun kiihdytyksen, mikä on tärkeää prosessin tehokkuuden ja laadun kannalta. Ne pystyvät saavuttamaan ja ylläpitämään tiettyjä nopeuksia ja kiihtyvyyksiä tarkasti.

Servomoottorit on usein varustettu jarrulla, jonka tarkoituksena on pitää akseli paikoillaan, kun moottoria ei käytetä. Servomoottoreiden jarrut ovat usein osa moottorin rakennetta, eikä sitä ole mahdollista huoltaa ilman servomoottorin purkamista.

Servomoottoreiden kunnossapito on olennaista niiden luotettavuuden varmistamiseksi. Tähän kuuluu moottorin säännöllinen testaus mahdollisten häiriöiden havaitsemiseksi. Tarvittaessa moottorin laakereita voidaan vaihtaa, ja moottorin käämejä voidaan mitata, jos ongelmia ilmenee.

Servomoottoreiden ominaisuuksien vuoksi niiden kuntoa voidaan usein seurata koneen ohjauksen avulla. Tämä tapahtuu tarkkailemalla moottorille syntyvää kuormaa akselia liikuteltaessa. Vaurioitunut moottorin laakerointi voi esimerkiksi ilmetä kasvaneena moottorin kuormana ja meluna.

## Vaihtovirtamoottorit

Vaihtovirtamoottorit ovat yleisiä komponentteja monissa sovelluksissa, joissa liikkeen äärimmäinen tarkkuus ei ole välttämätöntä, tai liike on jatkuvaa. Niitä käytetään laajalti erilaisissa sovelluksissa, kuten pumpput, lastunkuljettimet, työkalunvaihtajat, työkalumakasiinit, paletinvaihtajat ja palettiradat.

Yleiskäytössä vaihtovirtamoottoreita ohjataan kontaktoreilla. Karamoottoreina hyödynnetään myös usein vaihtovirtamoottoreita, mutta nämä moottorit ovat usein kooltaan hyvin suuria ja niitä ohjataan vahvistimella, joka mahdollistaa monipuolisemmat käyttöominaisuudet.

Vaihtovirtamoottorin pysäytyksen tarkkuutta voidaan parantaa varustamalla moottori sähkömagneettisella jarrulla. Tämä jarru avautuu moottorin ollessa käytössä ja sulkeutuu ohjausjännitteen katkaisun yhteydessä. Tällaisia jarruja käytetään yleisesti työkalunvaihtajissa ja makasiineissa, joissa liikkeen on pysähdyttävä välittömästi tarkemman paikoituksen saavuttamiseksi.

Käyttökohteen mukaan on vaihtovirtamoottorit myös joskus varustettu alennusvaihteistolla, jolla saavutetaan suurempi vääntömomentti moottorilta.

Vaihtovirtamoottoreiden kunnossapito sisältää moottorin laakereiden ja käämityksen tilan tarkastuksen. Tarvittaessa moottorin laakerit voidaan vaihtaa, jos niissä esiintyy kulumista tai vaurioita. Moottoreiden jarrut voivat myös kulua ja lasittua käytössä, mikä heikentää niiden toimintaa. Jarrujen kunnossapitoon kuuluu ilmvälin säätäminen, yleensä noin 0,2 mm, sekä kitkapintojen karhentaminen ja puhdistaminen mahdollisista epäpuhtauksista. Vaurioituneet jarrujen osat tulee vaihtaa uusiin.

### 3.3.3 Sähkökeskus

Työstökoneen sähkökeskus tai sähkökaappi on ulkoilmalta suljettu tila, jonne on asennettu kaikki koneen ohjaukseen liittyvät sähkökomponentit. Sähkökaapin tarkoituksena on suojata komponentteja pölyltä, lastuilta, leikkuunesteeltä, sekä

öljyltä. Sähkökaapin jäähdytys on toteutettu usein lämmönvaihtimella, sekä ilmastointilaitteella, joka jäähdyttää lämmönvaihtimelle syötettävää ilmavirtaa. Näin voidaan varmistua, ettei sähkökaappiin pääse sinne kuulumattomia partikkeleita. Lämmönvaihtimen ulkoinen ilmaotto varustetaan usein suodattimella, jotta lämmönjohtokyky ei kärsi ylimääräisestä pölystä. Sähkökaappiin asennetaan koneen servovahvistimet, I/O kortit, virtalähteet, sekä kontaktorit ja releet.

### **Moottorikontaktorit, releet ja moottorisuojakytkimet**

työstökoneessa kontaktoreita käytetään sähkömoottoreiden, sekä pumppujen ohjaukseen, kun taas releitä hyödynnetään usein venttiilien ja muiden pienten sähkölaitteiden ohjaukseen. Kontaktoreita käytetään usein lämpösuojien kanssa sarjaan kytkettynä vikatilanteiden varalta (Kuva 15). Kontaktorit ja releet ovat sähkömagneetilla toimivia kytkimiä, jotka ohjausjännitteellä kytkeytyvät päälle yhdistäen kontaktoriin tai releeseen kytketyt johtimet. Toimintaperiaatteeltaan kontaktorit ja releet ovat täysin identtisiä, mutta kontaktorien ohjaamat sähkövirrat ovat huomattavasti suurempia. Kontaktorin ja moottorisuojakytkimen koko määritellään käytettävän sähkömoottorin tehon mukaan.



kiinnihitsautuminen, joka johtaa kärjen jatkuvaan kytkentään aiheuttaen ongelmia. Myös kontaktorin tai releen kela voi vaurioitua ja vaikuttaa toimintaan. Vaurioituessaan vaihdetaan kontaktori, rele tai moottorinsuojakytkin aina uuteen, sillä ne ovat edullisia, mutta koneen toiminnan kannalta tärkeitä komponentteja.

### **Virtalähteet ja tasasuuntaussillat**

Työstökoneissa käytetään usein ohjauksen ja pienten sähkökomponenttien osalta 24V DC-jännitettä, joka tuotetaan asianmukaisella virtalähteellä. Virtalähteen tarkoituksena on tuottaa tasainen ja häiriötön 24 voltin tasajännite, jota hyödynnetään kriittisissä sähkökomponenteissa. Virtalähteet toimivat usein koneen syöttöjännitteellä, joka on konemallin mukaan 200–400 voltia, jolloin virtalähde on myös valikoitu tämän mukaan.

24V DC-jännite on mahdollista tuottaa myös yksinkertaisella tasasuuntaussillalla, mutta tämä jännite ei ole täysin tasaista, ja sitä voidaan hyödyntää vain esimerkiksi venttiilien tai releiden ohjausjännitteenä, mutta ei ohjauksen tai muiden tasaista häiriötöntä sähkövirtaa vaativien komponenttien virransyöttönä. Tasasuuntaussilta on neljän diodin diodisilta.

Tasasuuntaussillalla voidaan muuntaa AC-jännite DC-jännitteeksi, joka on oskilloskoopilla tarkasteltuna kuitenkin sykkivää, mutta napaisuus ei käänny kuten AC-jännitteessä.



Kuva 16. Uuden virtalähteen ulostulojännitteen tarkistus.

Virtalähteiden kunnossapitoon kuuluu ulostulojännitteen oikean tason tarkastus, sekä tarvittaessa säätö, jos havaittavissa on pientä, alle noin viiden prosentin vaihtelua säädetyistä 24V jännitteestä kuorman ollessa sallituissa rajoissa (Kuva 16). Virtalähde vikaantuessaan ei enää kykene tuottamaan tarvittavaa jännitettä kuorman alaisena tai ollenkaan. Vikaantuessaan vaihdetaan virtalähde uuteen, jos jännite laskee sallitulla kuormalla liikaa.

Tasasuuntaussilta on edullinen sähkökomponentti, mutta niiden toiminnan tarkastus vaatii asianmukaisen yleismittarin, jolla on mahdollista testata diodien toimintaa. Vikaantunut tasasuuntaussilta on vaihdettava uuteen häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi.

### 3.3.4 Anturit

Työstökoneissa käytetään monipuolisesti antureita monissa eri sovelluksissa. Antureita hyödynnetään esimerkiksi sylintereissä liikkeiden tarkkailussa, jolloin sylinterin ääriasennot voidaan varmistaa anturin avulla. Tämä mahdollistaa liikkeen tarkkailun ja varmistaa sen oikeellisuuden. Usein tällaisissa sovelluksissa määritellään myös aikaikkuna, jossa liikkeen tulee saavuttaa ääripisteensä. Jos liike ei kuitaannu aikaikkunan puitteissa esimerkiksi rikkoutuneen anturin tai liikkeen vajauksen vuoksi, kone antaa hälytyksen ja voi tarvittaessa pysäyttää toiminnan. Anturit ovat keskeisiä koneen toiminnassa silloin, kun tavoitteena on häiriötön ja turvallinen automaatioprosessi.

Anturit voivat olla joko NC (Normal Close) tai NO (Normal Open) -tyyppisiä, mikä tarkoittaa anturin normaalitilaa, kun se ei ole kytkettynä. NC-tyyppisessä anturissa signaali on normaalitilassa päällä, ja se katkeaa, kun anturi kytkeytyy. NO-tyyppisessä anturissa signaali ei ole päällä, kun anturi on normaalitilassa, ja signaali kytkeytyy, kun anturi kytkeytyy.

NC-tyyppisiä antureita käytetään usein turvapiireissä, joissa kaikkien turvapiirin komponenttien tulee olla kytkettynä, jotta piiri sulkeutuu ja sähkövirta pääsee kulkemaan piirin lävitse. NO-tyyppisiä antureita käytetään yleisemmin esimerkiksi työkalunlukituksen tai muiden liikkeiden tilan tarkkailussa, jossa antureiden avulla voidaan tunnistaa eri asennot.

Anturit ovat olennainen osa työstökoneiden toimintaa, ja niiden avulla voidaan varmistaa liikkeiden oikea-aikainen ja turvallinen suoritus koneen, sekä käyttäjän kannalta.

## **Mekaaniset anturit**

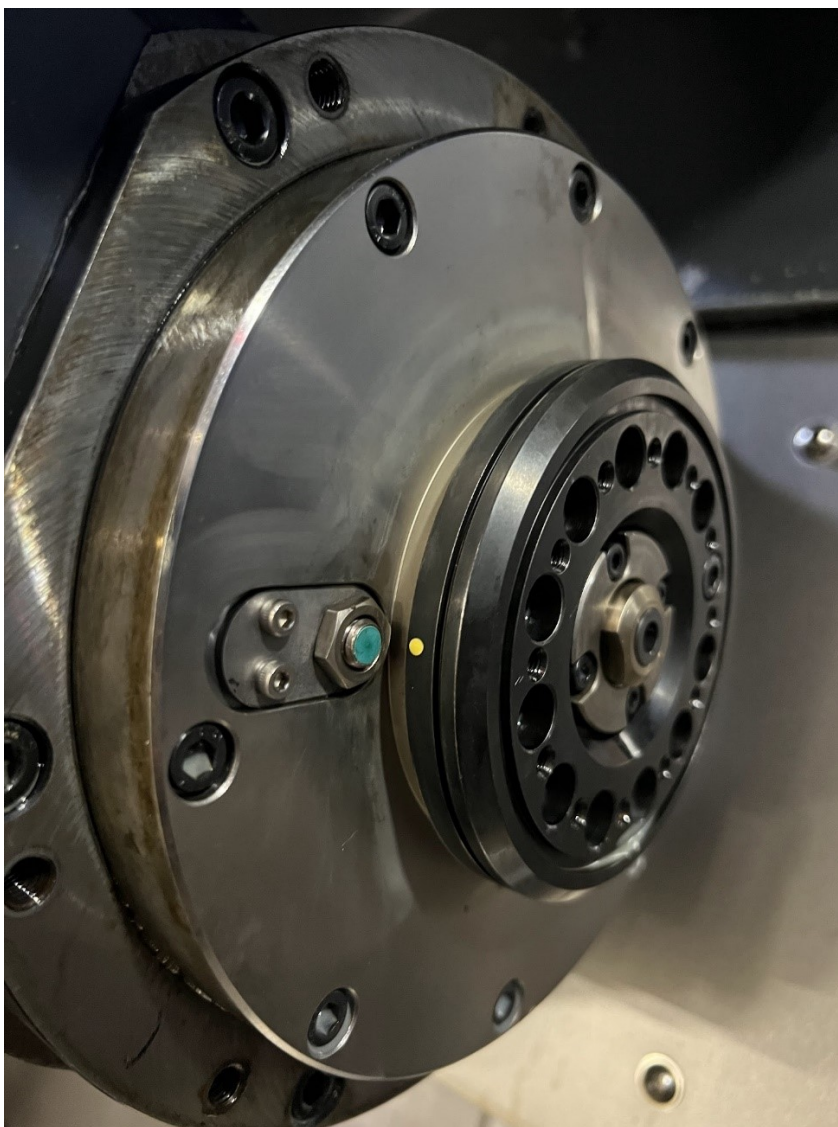
Mekaaniset anturit, joissa kytkentä tapahtuu mekaanisen liikkeen tai toiminnon avulla, ovat yksinkertaisinta anturitekniikkaa hyödyntäviä komponentteja nykyaikaisissa työstökoneissa. Mekaaninen anturi on kytkin, joka vaatii vastakappaleen fyysisen painalluksen anturiin kytkeytyäkseen. Uusimmissa työstökoneissa mekaanisia antureita hyödynnetään usein akseleiden liikkeiden kovarajoina, jotka liikkeen maksimipituuden saavuttaessaan kytkeytyvät, ja katkaisevat turvapiirin. Vanhemmissa työstökoneissa mekaaniset anturit ovat yleisempiä, ja niillä voidaan hoitaa myös sylintereiden ja muiden liikkuvien osien valvonta. Kovarajoina käytettäessä antureiden tarkoitus on suojella konetta liikkeen ääripään törmäykseltä, jos ohjauksen parametriset liikeradat on ohitettu tai koneen akselin koordinaatisto on pielessä.

Mekaaniset anturit ovat herkempiä vikaantumiselle niiden liikkuvien osien vuoksi. Anturin toimintaa pystyy tarkastelemaan yleismittarin avulla mittaamalla anturin kytkennän resistanssia, tai tarkastelemalla anturin antamaa signaalia ohjauksen input kanavan kautta, johon anturi on liitetty. Anturi saattaa jumiutua kuivuneen leikkuunesteen tai lastujen vuoksi. Mekaanisen anturin pystyy usein ensikorjauksena eheyttämään puhdistamalla anturi epäpuhtauksista, sekä voitelemalla mekaniikka. Jos puhdistuksen jälkeen anturin toiminta on kuitenkin epäjohtonmukaista, tai kytkentä ei tapahdu anturia painettaessa herkästi, tulee anturi vaihtaa uuteen.

## **Induktiiviset anturit**

Induktiiviset anturit ovat erittäin yleisiä nykyaikaisissa työstökoneissa ja niitä käytetään laajasti eri sovelluksissa (Kuva 17). Nämä anturit kytkeytyvät päälle, kun metallinen sähköä johtava kappale tulee anturin lähietäisyydelle, yleensä noin 1–10 mm:n päähän. Anturin lukuetäisyys vaihtelee anturimallin mukaan. Induktiivisia antureita asennettaessa on tärkeää varmistaa, että anturin

lukupään välittömässä läheisyydessä ei ole muita metalliosia kuin haluttu kappale, jota anturi lukee. Liialliset metalliosat tai metallilastut anturin lähellä voivat aiheuttaa häiriöitä anturin toimintaan tai aiheuttaa virheellisen kytkennän.



Kuva 17. Induktiivinen anturi monitoimisorvin jyrsinkaran työkalunlukituksen valvontaan.

Induktiivisten antureiden kunnossapito sisältää anturin lukupään puhdistamisen liasta ja lastuista. Anturin toimintaa voi yleensä seurata LED-valon avulla, joka on integroitu anturin runkoon. Kuitenkaan LED-valon toiminta ei aina takaa

anturin täydellistä toimintaa. Luotettavin tapa tarkistaa anturin toiminta on seurata sen kytkeytymistä koneen ohjausjärjestelmän input kanavan kautta, johon anturi on liitetty. Jos anturi vikaantuu, se tulee yleensä vaihtaa uuteen, koska anturi on edullinen komponentti ja sen suljettu rakenne ei mahdollista korjauksia.

### **Lineaariset anturit**

Lineaariset anturit ovat monipuolisempia, paikkatiedon omaavia antureita, joita hyödynnetään esimerkiksi kiinnityspakkojen vetosylintereiden antureina.

Lineaarianturin etuna on sen antama paikkatieto, jolloin anturia ei tarvitse säätää fyysisesti, jos liikematka muuttuu, vaan säätö on mahdollista tehdä ohjelmallisesti. Kiinnityspakoissa induktiivista anturia käytettäessä, tarvitsee anturi kohdistaa aina fyysisesti uudestaan, jos kiinnitettävän kappaleen koko muuttuu ja sylinteri pysähtyy eri asentoon kappaleen kiinnityksessä.

Lineaarianturi toimii potentiometrin kaltaisesti, jolloin anturin antamalle ulostulojännitteelle tai virtasignaalille on määritelty mittatieto. Lineaarianturit voivat toimia tasajännitesignaalin tai virtasignaalin perusteella.

Tasajännitesignaalilla toimivissa antureissa ulostulojännite on yleisimmissä tapauksissa 0–4.5V tai 0-10V. Virtasignaalin perusteella toimivat anturit vaihtelevat virran suhteen yleensä 4-20mA välillä paikoituksen mukaan.

### **3.4 Voitelu**

Työstökoneissa voitelun rooli on varmistaa koneen pitkäikäinen toiminta, tekemällä mekaanisista liikkeistä lähes kitkattomia. Työstökoneissa voitelua hyödynnetään liikkuvissa osissa, kuten vaihdelaatikoissa, johteissa, kääntöpöydissä, työkalunvaihtajissa, kara-akseleissa, kuularuuveissa, sekä työkalumakasiineissa. Käyttökohteen mukaan koneissa käytetään muutamia erilaisia voiteluratkaisuja.

### 3.4.1 Keskusvoitelu

Työstökoneiden Keskusvoitelujärjestelmä, tai toiselta nimeltään johdevoitelujärjestelmä, perustuu voitelupiiriin, johon luodaan noin 10–15 baarin paine pumpun avulla. Pumppu imee öljyä pienestä 1–5 litran säiliöstä, jossa käytetään yleensä ISO VG68 viskositeetin johdevoiteluöljyä. Järjestelmä on yhdistetty voiteluputkien ja -letkujen avulla voideltaviin kohteisiin. Voiteluöljyn annostelu tapahtuu erisuurusilla annostelijoilla käyttökohteen mukaan (Kuva 18). Annostelija toimii pienellä jousikuormitteisella venttiilillä, joka piirin paineistuksessa täyttää annostelijan. Annostelija luovuttaa siihen täytetyn öljymäärän voideltavalle kohteelle, kun pumppu sammuu ja paine piirissä laskee.



Kuva 18. Keskusvoitelujärjestelmän annostelijatukki.

Keskusvoitelujärjestelmän huolto kuuluu koneissa vuosihuoltoon, jolloin sen toiminta tarkastetaan ja järjestelmä puhdistetaan, sekä öljyt vaihdetaan uusiin. Johdevoitelujärjestelmässä yleisimmin vikaantuva komponentti on annostelija, joka jumittuessaan kiinni estää johdevoiteluöljyn pääsyn voideltavalle kohteelle. Annostelija voi myös jumiutua auki, joka johtaa erittäin suureen johdevoiteluöljyn kulutukseen. Annostelijoiden toiminta on mahdollista tarkastaa avaamalla voiteluputket annostelijoiden rungosta, sekä tarkastelemalla läpítulevan öljyn määrää kytkemällä keskusvoitelupumppua päälle. Vikaantuneet annostelijat tulee vaihtaa välittömästi uusiin voitelun varmistamiseksi.

#### 3.4.2 Sumuvoitelu

Työstökoneissa sumuvoiteluksi kutsutaan voitelujärjestelmää, joka toimii johdevoitelujärjestelmän tavoin, mutta öljy ajetaan voitelupinnoille paineilman avulla, jolloin öljy muuttuu sumuksi. Sumuvoitelu toimii yhteistyössä pumpun ja paineilmaventtiilien avulla, jolla voitelu saadaan aikaan. Sumuvoitelussa hyödynnetään annostelijoiden sijasta säädettäviä suuttimia öljysumun annosteluun.

Sumuvoitelua hyödynnetään usein karalaakereiden, sekä vaihdelaatikoiden voiteluun. Sumuvoidellut komponentit pysyvät erityisen puhtaina, eikä voiteluöljy kierrä pinnoilla, vaan uutta öljyä syötetään jatkuvasti tietyin aikaväleihin. Sumuvoitelu on optimaalinen voiteluratkaisu komponenteille, joihin ei saa päästä ollenkaan epäpuhtauksia.

Sumuvoitelun kunnossapito käsittää johdevoitelujärjestelmän tavoin säiliön, sekä imusuodattimen puhdistuksen, sekä voiteluöljyn vaihdon. Sumuvoitelun suuttimien toimintaa on mahdollista tarkastella asettamalla puhdas paperinpala suutinrungon eteen, josta voiteluletkut on irrotettu. Paperiin muodostuu kosteat öljyjäljet, kun suuttimet toimivat oikein. Jos suuttimet eivät toimi, tulee suutinrunko vaihtaa uuteen varaosaan.

### 3.4.3 Vaihteisto- ja voiteluöljyt

Työstökoneissa työkalunvaihtajat, b-akselit, sekä pyöröpöydät hyödyntävät usein paksua erikoislisäaineistettua vaihteistoöljyä. Kyseisissä kohteissa öljyn paksuus vaihtelee yleensä välillä ISO VG150-320. Käyttökohteille on öljyn määrälle usein määritelty tarkka täyttömäärä, jota tulee noudattaa. Öljyn tason pystyy yleensä tarkistamaan tasosilmän avulla. Ylitäytettynä voi öljy valua ulos käytön aikana, sekä aiheuttaa ylimääräistä liikevastusta. Jos täytös jää liian alhaiseksi, on vaarana, että jotkin komponentit jäävät ilman asianmukaista voitelua.

Työstökoneiden vaihteistoissa käytetään yleisemmin ohkaisempia öljyjä, kuten ISO VG32 hydraulikkaöljyä tai ISO VG68 johdevoiteluöljyä. Öljyjen viskositeetti ei ole niiden ainoa ominaisuus, sillä öljyjen välillä on usein myös eroja lisäaineiden suhteen. Tärkeää on kuitenkin aina noudattaa työstökonevalmistajan ohjeita käytettävän öljyn tyypistä.

### 3.4.4 Kestovoitelu

Kestovoitelu on voitelumenetelmä, jota käytetään tietyissä laakeriratkaisuissa, kuten kuularuuvien, kara-akseleiden ja sähkömoottoreiden laakereissa. Tämä voiteluteknikka perustuu erikoisvaseliinin käyttöön, jolla täytetään 1/3 laakerin tyhjästä tilasta asennuksen yhteydessä. Tämä voitelumenetelmä tarjoaa voitelun laakerille sen koko elinkaaren ajan ja on erittäin luotettava, sillä se ei ole riippuvainen ulkoisista tekijöistä.

Kestovoitelu eroaa muista voitelumenetelmistä, koska uusi kestovoideltu laakeri on ensin sisään ajettava, jotta vaseliini asettuu laakerin pinnoille oikealla tavalla. Sisäänajo on erityisen tärkeä ja pakollinen vaihe erityisesti sähkömoottoreiden

ja kara-akseleiden laakereissa, jotka toimivat korkeilla pyörimisnopeuksilla. Sisäänajo alkaa hitailla pyörimisnopeuksilla, ja nopeutta kasvatetaan vähitellen vaseliinin asettuessa. Nopeuden pitää pysyä muuttumattomana, kunnes lämpötila tasaantuu, eikä nouse enää kyseisellä kierrosluvulla. Moottorin kuormituksen tarkkailu on myös tärkeää sisäänajoprosessin aikana, jotta mahdollisiin ongelmiin voidaan reagoida. Jos laakeri lämpenee liikaa tai kuorma kasvaa odottamattomalla tavalla sisäänajoprosessin aikana, tulee kierrosnopeutta laskea, kunnes arvot jälleen tasaantuvat. Liiallinen vaseliini asennuksen yhteydessä aiheuttaa ylimääräistä kuormaa ja lämpöä, sekä hidastaa sisäänajoprosessia.

### 3.5 Jäähdytys

Työstökoneissa jäähdytystä hyödynnetään komponenttien lämpötilaerojen tasaamiseen, sekä esimerkiksi teräpalojen ja työstettävien kappaleiden jäähdyttämiseen. Työstökone tuottaa paljon lämpöenergiaa, jolloin jäähdytys tulee tarpeelliseksi mittatarkkuuden säilyttämisen vuoksi. Yleisin jäähdytysmenetelmä on kuitenkin leikkuunesteen käyttö, joka voitelee ja jäähdyttää lastuavaa työstöä. Ilman jäähdytystä teräpalat lämpenevät liikaa ja voivat rikkoutua, sekä työstöjälki kärsii liiallisen lämmön vuoksi. Muiden komponenttien jäähdytys, kuten kara-akseleiden ja kuularuuvien, sekä sähkömoottoreiden jäähdytys vähentää mittaheittoja, jotka muuten alkaisivat vaikuttaa koneen mittoihin, sen lämmitessä. Jäähdytys myös estää kyseisten komponenttien ylikuumentumisen, joka voisi johtaa niiden vaurioitumiseen.

#### 3.5.1 Leikkuuneste

Leikkuunesteen tai -öljyn käyttö on olennainen osa lähes jokaista lastuamisprosessia, jossa työstettävä materiaali on metallia.

Leikkuunestejärjestelmät koostuvat koneissa säiliöstä, pumpuista, sekä

venttiileistä, joilla leikkuunestettä ohjataan. Koneen mukaan voi pumppuja olla useampi. Varustelutason mukaan koneissa saattaa olla käytössä myös leikkuunesteen korkeapainejärjestelmä, joka mahdollistaa suuret leikkuunestepaineet, sitä vaativille työkaluille.

Leikkuunestejärjestelmien kunnossapito aloitetaan leikkuunestesäiliön huolellisella puhdistamisella, sekä leikkuunesteen vaihdolla.

Leikkuunestesäiliöön kerääntyy työstöprosessista lastuja, jotka alkavat ajan mittaan pienentää säiliön tilavuutta. Leikkuunesteeseen myös sekoittuu öljyä, joka heikentää sen ominaisuuksia. Öljyä poistetaan usein jatkuvasti leikkuunesteen seasta öljynerotusmenetelmillä, johon hyödynnetään usein sähkömoottorilla pyörivää nauhaa tai levyä, joka pyörii säiliön nestetaso pinnalla, kuljettaen nesteen pinnalle kerääntynyttä öljyä mukanaan.

Leikkuunesteen säännöllinen vaihto, sekä säiliön puhdistus varmistaa sen optimaalisen toiminnan, sekä parantaa huomattavasti operaattorin työympäristöä, sillä vanha ja likaantunut leikkuuneste alkaa usein haisemaan pahalle.

### **Leikkuunestepumput**

Leikkuunestepumput jakautuvat muutamaankin eri kategoriaan niiden käyttökohteen mukaan. Tavallisimmat leikkuunestepumput tuottavat maksimissaan noin 10 baarin paineen, mutta paine on riippuvainen käytettävästä työkalusta. Korkeapainepumpuilla voidaan saavuttaa parhaimmillaan 100 baarin leikkuunestepaineet. Korkeapainepumput toimivat usein erillisenä säiliönä, sekä yksikkönä, johon leikkuuneste siirretään koneen omasta säiliöstä siirtopumpun avulla. Erillisen yksikön tarkoitus on usein lisätä nesteen suodatusta ennen korkeapainepumppua, sillä kyseinen pumppu ei siedä epäpuhtauksia. Erillisellä säiliöllä voidaan myös usein varmistaa nesteen riittävyys korkeapainepumppua käytettäessä sen suuren tuoton vuoksi.

Leikkuunestepumppuja on mahdollista huoltaa ja korjata, sillä pumppuihin on usein saatavilla korjaussarjoja, jotka sisältävät pumppujen tiivisteet, laakerit, sekä kuluvat komponentit.

## Venttiilit

Leikkuunestejärjestelmissä hyödynnetään usein venttiilejä leikkuunesteen ohjaukseen, sekä takaiskuventtiilejä, jotka estävät nestelinjoja valumasta tyhjäksi, kun järjestelmän pumppu on sammuksissa. Takaiskuventtiileillä estetään myös leikkuunesteen pääsy väärään paikkaan esimerkiksi läpipuhalluksen kanavaan, joka yhdistyy leikkuunestekanavan kanssa ennen kara-akselia.

Leikkuunesteventtiilit altistuvat usein myös lastuille, jotka pääsevät leikkuunestejärjestelmän suodattimien ohitse aiheuttaen kulumaa ja vaurioita venttiileissä. Lastut venttiileissä kuluttavat erityisesti tiivistyviä kartiopintoja, sekä rikkovat venttiilien sisäisiä tiivisteitä. Tällaisissa tapauksissa tulee venttiili usein vaihtaa uuteen, sillä vaikka venttiilit ovat usein purettavissa, ovat ne niin kuluneita, että uuden venttiilin vaihto on tarpeellista luotettavan toiminnan varmistamiseksi.

### 3.5.2 Öljy- ja nestejäähdytys

Työstökoneissa käytetään öljy- ja nestejäähdytystä usein kara-akseleiden, sähkömoottoreiden ja kuularuuvien jäähdyttämiseen. Tämä jäähdytysjärjestelmä toimii yleensä ilmastointilaitteen avulla, joka jäähdyttää kiertopumpulla kiertävää öljyä tai nestettä. Jäähdytysmenetelmä mahdollistaa tehokkaan jäähdytyksen ja auttaa tasaamaan komponenttien lämpötilaeroja.

Ilmastointilaitteen kennossa on yleensä verkkosuodatin, joka on tarkoitettu pölyn ja lian suodattamiseen ilmasta. Vaikka suodatin on paikallaan, kennoon

saattaa silti kertyä likaa ajan myötä. Likainen kenno ei pysty johtamaan lämpöä tehokkaasti, joten sen puhdistaminen on tarpeen tehokkaan jäähdytyksen varmistamiseksi.

Ilmastointilaitteet ovat jäähdytysjärjestelmien vikaherkin osa-alue, ja niiden kunnossapito on tärkeää. Ilmastointilaitteiden kylmäaineen määrä on tarkistettava, jos jäähdytyksen ongelmia ilmenee kennon puhdistuksen, sekä muun järjestelmän toimivuuden tarkastamisen jälkeen. Myös laitteen elektroniikka voi olla herkkä vikaantumiselle, koska ilmastointilaitte saattaa kytkeytyä päälle ja pois usein, mikä voi aiheuttaa kontaktorien ja releiden kulumista ja vikaantumista.

Jäähdytysjärjestelmien kiertäviä nesteitä tai öljyjä suositellaan vaihdettavaksi vuosihuollon yhteydessä, ja samalla kiertopumpun imusuodatin tulisi puhdistaa. Jäähdytysjärjestelmät eivät yleensä likaannu paljon, koska niissä on vain vähän liikkuvia osia. Kuitenkin säännöllinen huolto ja tarkastus ovat tarpeen, jotta jäähdytysjärjestelmät toimivat luotettavasti ja ylläpitävät koneen jäähdytystä tehokkaasti.

### 3.6 Geometria

Työstökoneessa geometrialla viitataan koneen mittatarkkuuteen, joka käsittää akseleiden suoruuden, sekä koneen oikeanlaisen vaaituksen, eli työstökoneen rungon suoruuden. Geometrian kunnossapito on tärkeä toimenpide, jolla varmistetaan mittatarkkuus työstöprosessissa. Geometrian tarkistus voi tapahtua työstökoneen mallin mukaan erilaisia erikoistyökaluja hyödyntäen. Jyrsinkaralle kiinnitettävä mittatuurna on esimerkiksi yleinen apuväline jyrsimien, sekä monitoimisovien geometrian tarkastuksessa.

Koneen geometria tulisi tarkistaa säännöllisin väliajoin koneen mittatarkkuuden, sekä luotettavuuden ylläpitämiseksi. Yleisin toimintatapa on tarkistaa koneen geometria aina vuosihuollon yhteydessä.

### 3.6.1 Vaaitus

Työstökoneiden vaaitus tarkoittaa koneen rungon suoruuden säätämistä. Vaaituksella varmistetaan rungon suoruus koko matkalta, joka tarkistetaan tarkkuusvesivaa'an avulla. Mittauksessa käytettävän välineen tulee olla tarkkuudeltaan riittävä, sillä koneiden äärimmäisen mittatarkkuuden vuoksi pienetkin mittaheitot rungon suoruuden säädössä vaikuttavat työstöjälkeen, sekä mittatarkkuuteen.

Mittaukseen käytettävä tarkkuusvesivaaka on usein tarkkuudeltaan 0,02 millimetriä metrille, jolloin se pystyy näyttämään koneen rungon 0,02 millimetrin nousun tai laskun metrin matkalla. Käyttökohteen mukaan tulee vesivaaka kalibroida joko maapalloon nähden suoraan, tai koneen vaaitukseen nähden suoraan. Moniakselisia vesivaakoja käytetään myös koneiden rungon suoruuden tarkistamiseen, jolloin useampaa arvoa pystytään seuraamaan samanaikaisesti. Mittavälineet voivat myös olla digitaalisia, joka mahdollistaa arvojen helpomman lukemisen, sekä mahdollisesti ominaisuuksien mukaan seuraamisen etänä.

Vaaituksessa Jyrsinkoneet tulee yleisesti asettaa maapalloon nähden suoraan, jotta painovoiman vaikutukset koneen liikkeiden suoruteen voidaan minimoida. Sorveissa koneen asento ei ole maapalloon nähden niin tarkka, vaan tavallisella vatupassilla suoraan asettaminen riittää. Sorvin rungon suoruus tulee kuitenkin tarkistaa ja säätää tarkkuusvesivaa'an avulla, jotta mahdolliset rungon vääntymiset pystytään korjaamaan.

Vaaitus tapahtuu asettamalla tarkkuusvesivaaka koneen akselikelkan tai pöydän päälle, joka liikkuu vaakatasossa (Kuva 19). Akselikelkkaa tai pöytää liikuttelemalla, sekä tarkkuusvesivaa'an arvoja seuraamalla, on mahdollista määritellä koneen rungon suoruus.



Kuva 19. Vaaitukseen käytettävä yksisuuntainen tarkkuusvesivaaka.

Vaaituksen tarkastus tulisi suorittaa säännöllisin väliajoin, sillä työstökoneiden suuren massan vuoksi on niillä taipumus painua lattiaan ajan myötä. Vaikuttavia tekijöitä ovat koneen peti, jonka tulisi olla paksuudeltaan riittävä, jotta kone ei vajoa ajan mittaan. Koneiden asennusohjeissa on usein määritelty lattian tai valun minimipaksuus, jota on suositeltavaa noudattaa ongelmien välttämiseksi.

Koneiden vaaituksen säätö tapahtuu säädettävien tassujen avulla, joiden päälle kone on asetettu. Yleensä koneet on myös kiinnitetty ankkureiden avulla lattiaan, joka estää koneiden liikkumisen värinän seurauksena. Koneiden vaaituksen säätö on kuitenkin usein työläs ja vaativa toimenpide, joka tulisi suorittaa ainoastaan koulutetun ammattilaisen toimesta. Väärin säädetty koneen runko voi vääntyä pysyvästi, jolloin jälkikäteen oikeanlaisen vaaituksen säädön tekeminen voi olla mahdotonta tai erittäin vaikeaa.

### 3.6.2 Akseligeometria

Työstökoneissa akseligeometrialla viitataan akseleiden suoruuteen, jolla on suuri merkitys oikeanlaisen mittatarkkuuden saavuttamisessa. Akselikelkoissa, sekä kara-akseleissa on usein säätöominaisuuksia niiden kiinnityspisteeseen nähden, joka mahdollistaa oikeanlaisen suoruuden saavuttamisen. Akseleiden

suoruuteen yleensä vaikuttavat koneilla ajetut kolarit tai kappaleen irtoamisesta aiheutuneet iskut, jotka voivat suurien voimien vuoksi aiheuttaa akselin kääntymisen kiinnityspisteellään.

Akseleiden suoruuden tarkistus tapahtuu heittokellon, sekä erikoistyökalujen, kuten mittatuurnan avulla. Akseleiden suoruudelle on usein määritelty tarkat toleranssit koneen ohjekirjassa, jotka määrittävät akselien suurimmat sallitut virheet.

Sorvien kara-akseleiden suoruuden tarkistus tapahtuu tekemällä työstökoneella mittatyöstö, jossa tukeva riittävän suuren halkaisijan omaava kappale ajetaan pienellä syötöllä, sekä pienen nirkonsäteen omaavalla työkalulla puhtaaksi. Kappaleen tulisi olla materiaaliltaan terästä, joka on helposti työstettävää, mutta riittävän lujaa vääntymisen minimoimiseksi. Viimeisellä työstöllä tulisi kappaleen halkaisijasta ottaa vain noin 0,10 mm pois, jolloin minimoidaan työstöstä aiheutuvat voimat, jotka voisivat vääntää kappaletta. Mittatyöstön suorittamisen jälkeen kappaleen halkaisija mitataan työstetyn alueen molemmista päistä mikrometrin avulla, jolloin halkaisijan tulisi olla näissä pisteissä mahdollisimman samanlainen. Yleisesti sallittava heitto halkaisijassa on 0,02 mm, joka saa kumuloitua 200 mm matkalla. Jos työstettävän alueen pituus on esimerkiksi 100 mm, niin tällöin on suurin sallittu halkaisijaero 0,01 mm. Toleranssit kuitenkin vaihtelevat koneiden välillä, joten ohjekirjan huolellinen tarkastelu toleranssien suhteen on suositeltavaa.

Jyrsinkarojen suoruus on mahdollista mitata heittokellon, sekä mittatuurnan avulla, jolloin heittokello asetetaan tuurnan sivuun. Kara-akselia tai heittokelloa liikuttamalla karan pituussuunnassa koneen akselin avulla, on mahdollista mitata akselin suoruus. Toleranssi on usein määritelty noin 0,02 mm, joka saa kumuloitua tuurnan matkalla, joka on usein noin 300 mm. Lyhyempää tuurnaa käytettäessä, on mittausmatka otettava huomioon mittauksista tehdessä.

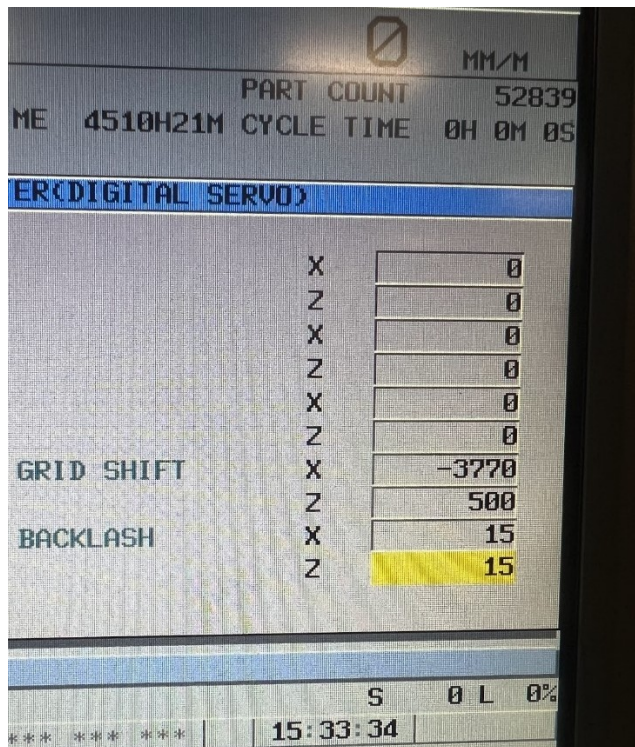
Revolverin suoruuden tarkastus tapahtuu usein tarkistamalla revolverin pyörähdyssuunnan, sekä kallistuksen suoruus heittokellon avulla. Jos revolveri on kolaroitu, on sillä taipumus kääntyä useammasta pisteestä. Suoruus on

mahdollista tarkastaa revolverin suorista pinnoista, jotka ovat mitattavan akselin suuntaisia. Myös konekohtaisten mittavälineiden käyttö on usein suositeltavaa tarkempien mittaustulosten saavuttamiseksi. Toleranssit voivat vaihdella konevalmistajien välillä, joten konekohtaisten toleranssien tarkastaminen koneen ohjekirjasta on suositeltavaa.

Akseligeometrian oikaisussa tulee myös tarkistaa koneen nollapisteiden säätö, sillä oikaisutoimenpiteet vaikuttavat usein nollapisteisiin. Virheelliset nollapistearvot tulee säätää, jotta koneen mittajärjestelmät pitävät paikkaansa.

### 3.6.3 Välykset ja backlash

Työstökoneissa ilmenee pitkäaikaisen käytön myötä välyksiä, joita ei voi mekaanisesti säätämällä poistaa. Tällaisia välyksiä on esimerkiksi kuularuuvien kulumisesta aiheutuvat välykset, jotka nousevat esille suunnanvaihdossa. Tällaisissa tilanteissa tulee esiin mittaheittoja, jotka voidaan poistaa vain kyseisen akselin parametrisella säädöllä (Kuva 20).



Kuva 20. Työstökoneen backlash:in parametrinen säätö.

Kuularuuvien välystä pystytään ennakoimaan koneen akselin parametrien, eli tässä tapauksessa backlash -säädöllä, joka vaikuttaa sähkömoottorin liikuttamaan matkaan suunnanvaihdoksissa. Backlash -säätö tulee tarpeelliseksi, kun heittokellolla mitattaessa akselin tulisi liikkua esimerkiksi 0,1 mm suunnanvaihdoksen jälkeen, mutta toteutunut liike onkin esimerkiksi 0,06 mm. Tällaisissa tapauksissa suunnanvaihdoksissa ilmenevää välystä on mahdollista eliminoida backlash -säädöllä, joka säädetään mitatun vällyksen mukaan. Kuularuuveilla on kuitenkin usein taipumusta kulua paikallisesti, joten backlash -säätö saattaa olla joissain tapauksissa kompromissi. Alue johon backlash on säädetty optimaaliseksi voi olla kuluneempi, kuin toinen alue kuularuuveilla. Tällaisissa tapauksissa vähemmän kuluneella alueella akselin suunnanvaihdos johtaakin pyydettyä suurempaan liikkeeseen. Sen vuoksi vällysten mittaaminen useammassa pisteessä akselin liikealueella on kannattavaa, sekä pohtia koneella tehtävien kappaleiden vaatimia liikealueita, jotta mahdollisimman hyvä lopputulos saavutetaan.

Välysten tarkastaminen, sekä backlash:in säätö ovat yleisiä toimenpiteitä vuosihuollon yhteydessä, jolloin myös koneen muu geometria tarkastetaan.

## 4 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda selkeä ja yksityiskohtainen katsaus CNC-työstökoneiden kunnossapidon eri osa-alueisiin sekä niihin liittyviin toimenpiteisiin. Työssä käsiteltiin yleisimpiä kunnossapitoa vaativia komponentteja ja esitettiin menetelmiä, joilla voidaan suorittaa koneiden ylläpitoa. Työn päämääränä on toimia käsikirjana CNC-työstökoneiden kunnossapidon perusteille, jotta lukija saisi kattavan käsityksen tarvittavista toimenpiteistä ja niiden merkityksestä.

CNC-työstökoneiden kunnossapito voi olla hyvin mallikohtaista ja monimutkaista, sekä eri valmistajien koneissa voi olla erilaisia ratkaisuja ja tarpeita. Siksi onkin tärkeää, että käyttäjät ja kunnossapitohenkilöstö tutustuvat huolellisesti kunnossapidon kohteena olevan koneen käyttöohjeisiin ja valmistajan suositukseen ylläpidon suhteen.

Opinnäytetyön tavoitteena on kuitenkin tarjota perustietoa kunnossapidon periaatteista, jotka toimivat hyvänä lähtökohtana ymmärtää ja suunnitella kunnossapitotoimenpiteitä CNC-työstökoneelle tai sen osalle. On kuitenkin tärkeää tiedostaa, että kone- ja valmistajakohtaiset ohjeet ja suositukset ovat aina ensisijaisia, sekä niitä on noudatettava parhaimman mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi.

Koneiden toimintaperiaatteen ja ylläpitovaatimusten ymmärtäminen on olennaista henkilöstölle, joka työskentelee koneiden parissa. Se auttaa heitä suunnittelemaan ja ennakoimaan tarvittavia huoltokatkoja, jotka ovat tarpeen koneiden toimintakyvyn ylläpitämiseksi.

## Lähteet

Medium 2023. CNC lathe — what you need to know Viitattu 25.11.2023

<https://medium.com/@lecn2011/cnc-lathe-what-you-need-to-know-837b98e04f23>