

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Hannu Pellosmaa

KONEENASENNUKSEN HARJOITTELUN KEHITTÄMINEN AMMATTIOPISTOSSA

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

PELLOSMAA, HANNU

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Toukokuu 2010

Avainsanat

Koneenasennuksen harjoittelun kehittäminen ammattiopistossa

36 sivua + 25 liitesivua

Lehtori Jaakko Laine

Kouvolan seudun ammattiopisto, tekniikka Keltakangas

koneenasennus, laakerit, tehonsiirto, toleranssit

Opinnäytetyö on tehty Kouvolan seudun ammattiopistolle, tekniikka Keltakankaan metalliosastolle. Työn lähtökohtana on se, että osastolla koulutetaan koneenasentajia, mutta koneenasennuksen käytännön harjoittelumahdollisuudet eivät ole riittävän kattavat eivätkä monipuoliset. Tekniikka Keltakankaalla koneenasennuksen käytännön työharjoittelu painottuu voimakkaasti työssäoppimisjaksolle. Työssäoppimisjaksolla on kuitenkin työharjoittelu varsin erilaista työssäoppimispaikasta riippuen. Sen takia on katsottu aiheelliseksi monipuolistaa oppilaitoksessa tapahtuvaa koneenasennuksen käytännön työharjoittelua. Harjoittelun monipuolistamiseksi päätettiin suunnitella koneenasennusharjoittelupukki.

Koneenasennuspukkia suunniteltaessa otettiin huomioon, että harjoitukset, jotka siihen kuuluvat, ovat koneenasennuksen näkökulmasta tärkeitä osa-alueita, mutta riittävän yksinkertaisia myös oppimisvaikeuksia omaaville oppilaille, ainakin avustettuna.

Koneenasennuspukki suunniteltiin siten, että siihen kuuluu erilaisia laakerointeja ja tehonsiirtoelimiä. Laakeroinneiksi on valittu urakuulalaakerointi, laakerointi jossa on pallomaiset kuulalaakerit kartioholkilla sekä liukulaakerointi. Tehonsiirtoeliminä toimivat ketjuvälitys, kiilahihnavälitys sekä akseliston käyttöä varten suunniteltu käsikampi. Lisäksi luotiin asennusohjeet edellä mainituille harjoituksille.

Koneenasennuspukin sisältämien harjoitusten pohjustamiseksi opinnäytetyön teoriaosuus sisältää laakereista ja tehonsiirrosta ammattiopiston opiskelijoille soveliaan tietopaketin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
University of Applied Sciences

Mechanical Engineering and Production Technology

PELLOSMAA, HANNU

Development of Machinery Installation Training at the
Vocational School

Bachelor's Thesis

36 pages + 25 pages of appendices

Supervisor

Jaakko Laine, Senior Lecturer

Commissioned by

Kouvola Region Vocational College, Engineering Keltakangas

May 2010

Keywords

machine installation, bearings, power transmission, tolerances

Bachelor's thesis work was done for Kouvola Region Vocational College, Department of Metal Engineering in Keltakangas. The starting point for the work was that there is education for assemblers in the department, but there are no reasonable possibilities for training machine assembling. On-the-job-learning is highly emphasized in the department of metal engineering in Keltakangas. Furthermore, practical studies are based on the period that should happen within enterprises in real working environment. The education and learning-on-the job experiences vary enterprise where the student has been taken in. That is why it is important to create better possibilities for training by practice at the vocational school. It was decided to design a machine installation training bench.

While planning the machine installation training table, a few important issues concerning mechanical assembling were taken into account. Due to this, the most important parts of mechanical assembly that can be trained with the table. Therefore, the students with need of special assistance will be able to learn and exercise their skills with the machine installation training table.

The bench has different kinds of bearings and power transmission devices. Deep groove ball bearing, sliding bearing and ball bearings with taper sleeve have been chosen as the bearings for the machine installation training table. Chain transmission, V-belt drive and hand crank planned for the shaft system function are work as power transmission elements. This paper also includes instructions for all the exercises that written.

Due to the comprehensive theory and all the exercises that can be done by the machine installation training table, this bachelor's thesis offers a suitable information about power transmission and bearings for the students studying at the vocational school.

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	5
2 KOUVOLAN SEUDUN AMMATTIOPISTO	5
3 KONEENASENNUS	6
4 LAAKERIT	7
4.1 Kuulalaakerit	13
4.2 Rullalaakerit	16
4.3 Painelaakerit	20
5 TEHONSIIRTO	21
5.1 Hammaspyörävälitys	21
5.2 Ketjuvälitys	23
5.3 Hihnavälitys	24
5.4 Vaihteet ja vaihtimet	25
5.5 Kytkimet	25
5.6 Jarrut	26
6 TOLERANSSIT JA SOVITTEET	27
7 KONEASENNUSHARJOITTELUKUKKI	29
7.1 Akseli 1	29
7.1.1 Akselin 1 kokoonpano	30
7.2 Akseli 2	31
7.2.1 Akselin 2 kokoonpano	31
7.3 Akseli 3	33
7.3.1 Akselin 3 kokoonpano	33
7.4 Runko	34
7.4.1 Rungon kokoonpano	34
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	35

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1. Koneenasennuksen opintosuunnitelma

Liite 2. Akselin 1 piirustukset

Liite 3. Akselin 2 piirustukset

Liite 4. Akselin 3 piirustukset

Liite 5. Rungon piirustukset

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää koneasennuksen käytännön harjoittelumahdollisuuksia Tekniikka Keltakankaan koneenasentajalinjalla. Koneenasentajalinjalla oppilas oppii monipuolisesti metallialan perusasioita. Koneistajan opinnoissa opetellaan sorvaaminen, jyräily ja poraaminen, levysepän töinä opitaan ohut- ja paksulevytyitä sekä levitysoppia, hitsaajan työnä opitaan puikko- tig-, mig-/mag sekä kaasuhitsaus, plasma- ja polttoleikkaus sekä erilaiset juotokset. Koneenasentajan tehtävissä opitaan tunnistamaan erilaiset kierteet, ruuvien lujuusluokitukset, laakereiden asennus, kytkimien asennus, hihna- ja ketjukäyttöjen asennus, hammaspyöräkäytöt ja hammasvaihteet, voiteluhuolto, kunnossapito sekä konepajatekniset mittaukset. (ks. liite 1)

Tekniikka Keltakankaan koneenasentajan harjoitustyöt rajoittuvat käsityökalujen, kuten viila, rautasaha, kierteitystyökalut ym., käyttöön sekä vanhaan käytöstä poistettuun prosessipumppuun, jossa on sähkömoottori ja kynsikytkin, että laakerointiharjoittelua varten olevaan akselirevolveriin.

Nykyisen koneasennusharjoittelun kartoituksen perusteella on katsottu tarpeelliseksi suunnitella koneasennusharjoittelupukki, joka sisältää laakerointi ja voimansiirtoharjoituksia. Koneasennusharjoittelupukin suunnittelussa on otettava huomioon se, että se on mahdollista valmistaa Tekniikka Keltakankaan omissa tiloissa oppilastyönä, esimerkiksi kahden oppilaan opinnäytetyönä.

2 KOUVOLAN SEUDUN AMMATTIOPISTO

Kouvolan seudun ammattiopisto, KSAO on monialainen oppilaitos uudessa 90 000 asukkaana Kouvolassa - Kymijoen kaupungissa. Seitsemässä toimipisteessä on opiskelijoita noin 2500 ja henkilökuntaa runsaat 200. Ammattiopistossa voi opiskella noin neljäkymmentä perus-, ammatti- ja erikoisammattitutkintoa.

Opintoaloja ovat kulttuuri, liiketalous, tietojenkäsittely, tekniikka ja liikenne, luonnonvara- ja ympäristöala, matkailu-, ravitsemis- ja talousala, sosiaali- ja terveysala sekä kauneudenhoitoala. Yhdistelmäopinnoissa on mahdollista suorittaa ammatillisen perustutkinnon rinnalla myös ylioppilastutkinto. Ammattiopisto antaa myös hyvät jatkokoulutusmahdollisuudet.

Työelämäyhteistyö on KSAO:lle tärkeää ja työssäoppiminen on osa opiskelua. Uusia koulutuksia on aloitettu työelämän tarpeita kuunnellen. Kansainvälinen yhteistyö on kasvanut viime vuosina merkittävästi. Työssäoppiminen ulkomailla lisääntyy - noin 90 opiskelijaa matkaa vuosittain Eurooppaan.

Hankkeet ja yhteistyöprojektit ovat osa KSAO:n toimintaa. Niiden avulla kehitetään opetusta. Yleensä niiden toteuttamiseen haetaan ulkopuolista rahoitusta viranomaisilta tai muilta tahoilta. Lähes aina ammattiopisto osallistuu hankkeeseen tietyllä omarahoitusosuudella. Ammattiopiston suurimmat projektit ovat EU-rahoitteisia.

KSAO tarjoaa myös monipuolisia palveluja: ammattiopistossa toimii kaksi parturi-kampaamo ja opetusravintolaa sekä lukuisia kahviloita. Lisäksi monilta osastoilta voi ostaa tuotteita ja palveluja.

Vuosikymmenten perinteet kilpailutoiminnassa jatkuvat. Ammattitaitoa kehittävää kilpailutoimintaa tuetaan ja jatketaan edelleen. Vuosien mittaan kilpailuissa on saavutettu menestystä valtakunnallisesti ja jopa maailmanmestaruustasolla.

(Kouvolan seudun ammattiopiston Internet sivut)

3 KONEENASENNUS

Koneenasennus on tärkeä osa kone- ja metallialan tehtävistä. Kun koneen tai laitteen osat on valmistettu, niistä kootaan kyseinen laite. Työ tehdään yleensä yhteistyössä muiden ammattilaisten kanssa, koska nykyaikaisiin koneisiin ja laitteisiin

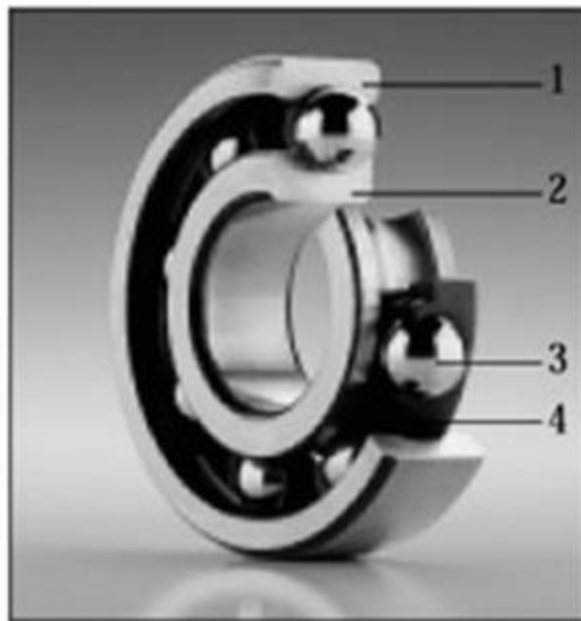
kuuluu lähes aina sähkö- ja automaatiotekniikkaa, joiden asentamiseen koneenasentajalla ei ole aina edes oikeutta. Rakenteiden ja perustojen parissa tehdään lisäksi yhteistyötä rakennusalan ammattilaisten kanssa. Myös koneiden ja laitteiden huoltoon ja kunnossapitoon kuuluu usein koneenasennusta.

4 LAAKERIT

Vierintälaakereiden osat ovat yleensä laakerirenkaat (sisärenkas ja ulkorengas), vierintäelimet, jotka vierivät renkaiden vierintärajoja pitkin, ja pidin, joka ympäröi vierintäelimiä.

Vierintälaakerin osien yhteydessä on mainittava myös voiteluaine (yleensä voitelurasva tai voiteluöljy), sillä ilman voiteluainetta laakeri tuskin on toimintakykyinen. Yhä useammin laakeriin on sijoitettu myös tiivistys.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)



1. ulkorengas, 2. sisärenkas, 3. vierintäelimet, 4. pidin

Kuva 1. Vierintälaakerin osat. (Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/ vierintälaakerin rakenne)

Vierintäelimet jaotellaan niiden muodon mukaan kuuliin, lieriörulliin, neularulliin, kartiorulliin ja tynnyrirulliin.

Vierintäelimien tehtävänä on siirtää laakerissa vaikuttavat voimat laakerirenkaasta toiseen. Korkeaa kantokykyä varten on tärkeää, että mahdollisimman monta ja mahdollisimman suurta vierintäelintä on sijoitettu laakerirenkaiden väliin. Lukumäärä ja koko riippuvat laakerin poikkileikkauksesta.

Kuormitettavuudelle on samoin tärkeää, että laakerin sisällä olevat vierintäelimet ovat yhtä suuria. Siksi ne on lajiteltu koon mukaan. Lajittelutoleranssi on erittäin pieni.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Laakerirenkaat – sisä- ja ulkorengas – ohjaavat vierintäelimiä pyörintäsuunnassa. Ohjauksen ja aksiaalivoimien siirtämisen poikittaissuunnassa ottavat vastaan vierintäradan urat, olakkeet ja vinot vierintäpinnat. Lieriörullalaakereissa sekä neularullalaakereissa ovat olakkeet vain toisessa laakerirenkaassa; siksi ne voivat vapaaikäyvänsä laakerina ottaa vastaan aksiaalilaajentuman.

Purkautuvien vierintälaakereiden molemmat renkaat voidaan asentaa erikseen. Tämä on eduksi tiukkojen sovitteiden yhteydessä molemmille renkaille.

Purkautuvia ovat esim. nelipistelaakeri, kaksirivinen viistokuulalaakeri, jonka toinen rengas on jaettu, lieriörullalaakeri, neula(rulla)laakeri, kartiorullalaakeri, aksiaali-urakuulalaakeri, aksiaali-lieriörullalaakeri ja pallomainen aksiaalirullalaakeri.

Purkautumattomia ovat sitävastoin esim. urakuulalaakeri, yksirivinen viistokuulalaakeri, pallomainen kuulalaakeri, tynnyrirullalaakeri ja pallomainen rullalaakeri.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Pitimen tehtävät:

- Pitävät vierintäelimet erillään toisistaan, jotta ne eivät hankaa keskenään.
- Pitävät vierintäelimet samalla etäisyydellä kuormituksen jakamiseksi tasaisesti.

- Estävät purkautuvissa ja kääntyvissä laakereissa vierintäelimiä poisputoamiset.
- Siirtävät vierintäelimet laakerin kuormittamattoman alueen yli

Pitimen tehtävä ei ole voiman siirto.

Vierintälaakereiden erikoisrakenteet ja jotkin lieriörullalaakereiden sarjat, niin sanottu täysrullaiset laakerit, ovat myös ilman pidintä. Kun pidin jätetään pois, sopii laakeriin enemmän vierintäelimiä. Siten kantokyky suurenee, mutta lisääntyneestä kitkasta johtuen on kierrossopivuus pienempi. Pitimet jaetaan levypitimiin ja massiivipitimiin.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Levyvitimet valmistetaan useimmiten teräksestä, joskus myös messingistä. Verratessa metalliseen massiivipitimeen on levyvitimen etuna pienempi paino. Koska levyvitin täyttää vain vähän sisä- ja ulkorenkaiden välistä tilaa, pääsee voiteluaine helposti laakerin sisäosiin.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Massiivipitimet metallista tai kovakudosmuovista valmistetaan koneistamalla. Lähtöaineena toimivat putket teräksestä, kevytmetallista tai kovakudosmuovista tai valetut messinkirenkaat.

Nämä pitimet tulevat kysymykseen ennen kaikkea laakereissa, joita valmistetaan pienissä sarjoissa. Lujuuden takia käytetään suurissa korkeasti kuormitetuissa laakereissa massiivipitimiä. Näitä käytetään myös silloin, kun pitimen olakeohjaus on välttämätön. Nopeasti pyörivien laakereiden olakeohjatut pitimet valmistetaan usein kevyistä raaka-aineista, kuten kevytmetallista tai kovakudosmuovista, jotta massavoimat pysyvät pieninä.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Massiivipitimet polyamidista valmistetaan ruiskupuristamalla ja niitä käytetään paljon suursarjojen laakereissa.

Ruiskuvalutekniikassa voidaan toteuttaa pidinmuotoja, jotka antavat erittäin kanto-kykyisen rakenteen. Joustavuus ja pitimen pieni paino vaikuttavat suotuisasti sysäyksellisissä laakerikuormituksissa, suurissa kiihtyvyyksissä ja hidastuvuuksissa, samoin laakerirenkaiden kääntyessä toisiinsa nähden. Polyamidipitimillä on erittäin hyvät liuku- ja hätäkäyntiominaisuudet.

Pitimet lasikuituvahvisteisesta polyamidista soveltuvat pitempiaikaisesti aina +120 °C:n käyttölämpötilaan saakka. Öljyvoitelun yhteydessä voivat öljyn sisältämät li-säaineet johtaa pitimen käyttöiän lyhenemiseen. Myös vanhentunut öljy voi korkeissa lämpötiloissa lyhentää pitimen käyttöikää, joten öljyn vaihtovälin säilyminen on huomioitava.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Toinen pitimien jaotteluominaisuus on ohjaustapa:

- Useimmiten ohjaus vierintäelimiin (ei erityistä jälkimerkintää)
- Ohjaus ulkorenkaaseen (jälkimerkintä A)
- Ohjaus sisärenkaaseen (jälkimerkintä B)

Tavallisiin käyttöolosuhteisiin soveltuu yleensä pidinrakenne, joka on määritelty vakiorakenteeksi. Vakiopitimet voivat olla laakerisarjan sisällä laakerikoosta riippuen erilaisia. Erityisiä käyttöolosuhteita varten on valittava siihen sopiva erikoispidin.

Pidinlyhenteiden sääntöjä laakerilyhenteiden yhteydessä:

- Jos levypidin on normaalipidin, ei pidinlyhennettä merkitä
- Jos pidin on massiivipidin, pidinlyhenne merkitään aina, olipa se normaali- tai erikoispidin
- Jos levypidin ei ole normaalirakenne, pidinlyhenne merkitään

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/vierintälaakerin rakenne)

Jokaisella laakerimallilla on erikoisominaisuudet, joiden ansiosta kuhunkin laakerointiin löytyy tarkoituksenmukainen laakeri. Laakeria valittaessa on otettava huo-

mioon useita seikkoja, joista lähtökohtana on hyvä käyttää laakerin kuormankantokykyä aksiaalisesti ja säteissuunnassa. Useimmiten laakeria valittaessa on otettava huomioon useita seikkoja, kuten edellä mainittu kuormankantokyky, kestoikä, kitka, sallittu pyörimisnopeus, voitelu, tilantarve, tarkkuus, käyntiääni, suuntausvirhe, jäykkyys, tarkkuusaksiaalinen siirtyvyys sekä laakerin asennus ja irrotus.

Tiettyyn laakerointiin tarvittavan laakerin koko määräytyy laakerin kantokyvystä ja sen suhteesta kuormitukseen sekä kestoialle ja käyttövarmuudelle asetetuista vaatimuksista. Laakerikoon laskennassa käytetään kantokyvyn ilmaisuun ns. kantavuuslukuja, jotka laakeritaulukossa on esitetty dynaamisena kantavuuslukuna C ja staattisena kantavuuslukuna C_0 . Dynaamista kantavuuslukua C käytetään, kun valitaan dynaamisesti kuormitettuja laakereita, toisin sanoen laakereita jotka pyörivät sellaisen kuormituksen alaisina, joka suunnaltaan ja suuruudeltaan on vakio sekä vaikuttaa säteislaakeriin täysin säteittäisesti ja painelaakeriin täysin aksiaalisesti ja keskeisesti. Se ilmoittaa sellaisen laakerikuormituksen suuruuden, jolla laakeri kestää 1 miljoonan kierroksen ISO-standardin mukaisen nimelliskestoian. Staattista kantavuuslukua C_0 käytetään valittaessa laakereita, joiden lasketaan pyörivän hyvin pienellä nopeudella, liikkuvan hitaasti edestakaisin tai ajoittain pysyvän paikoillaan kuormituksen alaisena. Sitä käytetään myös, kun pyörivien dynaamisesti kuormitettujen laakereiden odotetaan joutuvan voimakkaiden, mutta lyhytaikaisten sysäysten alaisiksi. Staattiset kantavuusluvut määritetään standardissa ISO-76-1987.

(SKF-laakerikirja 1991, 27)

Vierintälaakerin kestoialla tarkoitetaan sitä kierrosmäärää, tai tietyllä vakiopyörimisnopeudella käyttötuntimäärää, jonka laakeri voi pyöriä ennen kuin vierintära-toihin tai vierintäelimiin ilmaantuu väsymismerkkejä. Ilmeisen yhtäläiset laakerit, jotka toimivat yhtäläisissä olosuhteissa, ovat kuitenkin kestoialtaan erilaiset. Laakerien kestoikäkäsitteen yksikäsitteisen määrittelyn dynaamisen kantokyvyn kaikki tiedot perustuvat nimelliskestoikään, jolla ISO- määritelmän mukaan tarkoitetaan sellaista kestoikää, jonka saavuttaa tai ylittää 90 % suurehkoista määrästä ilmeisen yhtäläisiä laakereita.

(SKF- laakerikirja 1991, 27)

Laakerin kestoikä voidaan laskea usealla eri tarkkuudella riippuen siitä, miten hyvin tiedetään laakerin käyttöolosuhteet. Yksinkertaisin tapa laskea laakerin nimelliskestoikä on käyttää ISO-standardin mukaista kaavaa

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad \text{tai} \quad \frac{C}{P} = L_{10}^{\frac{1}{p}}$$

jossa

L_{10} = nimelliskestoikä, miljoonaa kierrosta

C = laakerin dynaaminen kantavuusluku, N

P = laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus, N

p = eksponentti, jonka arvo kuulalaakereille on 3, rullalaakereille 10/3

Jos laakerikuormitus F täyttää dynaamisen kantavuusluvun C edellytykset, toisin sanoen on suuruudeltaan ja suunnaltaan vakio sekä vaikuttaa täysin säteittäisesti säteislaakeriin ja täysin aksiaalisesti ja keskeisesti painelaakeriin, niin $P = F$, laskettu kuormitus voidaan siten sijoittaa suoraan kestoikäkaavaan. Kaikissa muissa tapauksissa on ensin laskettava laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus P , tämä määritellään ajatelluksi suuruudeltaan ja suunnaltaan vakioksi kuormitukseksi, joka antaisi laakerille saman kestoian kuin todellisuudessa esiintyvät kuormitukset.

(SKF- laakerikirja 1991, 28)

Säteislaakerin kuormitus on usein sekä säteittäinen että aksiaalinen. Jos resultanttikuormitus on suuruudeltaan vakio, ekvivalenttikuormitus saadaan seuraavasta kaavasta:

$$P = XF_r + YF_a$$

jossa

P = laakerin dynaaminen ekvivalenttikuormitus, N

F_r = kuormituksen säteiskomponentti, N

F_a = kuormituksen aksiaalikomponentti, N

X = laakerin säteiskerroin

Y = laakerin aksiaalikerroin

(SKF- laakerikirja 1991, 28)

4.1 Kuulalaakerit

Kuulalaakereita on useaa eri tyyppiä joista, esitän käyttötarkoituksen ja ominaisuudet urakuulalaakereista, pallomaisista kuulalaakereista ja viistokuulalaakereista.

Urakuulalaakereilla on erittäin laaja käyttöalue. Urakuulalaakeri on itsestään koossa pysyvä, soveltuu suurille pyörimisnopeuksille ja tarvitsee vain vähän huoltoa. Nämä ominaisuudet yhdistettynä edulliseen hintaan tekevät urakuulalaakereista kaikkein käytetyimmän vierintälaakerin. Urakuulalaakereita valmistetaan yksi- ja kaksirivisiä monena eri rakenteena ja kokona. Tavallisin rakenne on yksirivinen urakuulalaakeri ilman täyttöuria. Laakereita joissa on täyttöurat käytetään erikoislaakeroinneissa, ja niitä valmistetaan rajoitetusti.

(Knowpap 9.0(11/2007/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)

Yksirivisillä urakuulalaakereilla on syvät vierintäradat sekä erittäin hyvä vierintära-tojen ja kuulien välinen kosketus. Nämä tekijät saavat aikaan sen, että laakeri pystyy säteiskuormituksen lisäksi kantamaan myös suuria aksiaalikuormituksia molempiin suuntiin myös suurilla pyörimisnopeuksilla. Kaksirivisen urakuulalaakerin rakenne on samantyyppinen kuin yksirivisen laakerin. Niissä ei ole täyttöuria ja ne pystyvät kantamaan aksiaalikuormituksia molempiin suuntiin, kuormankantokyky on suurempi kuin yksirivisillä.

(SKF- laakerikirja 1991, 176)

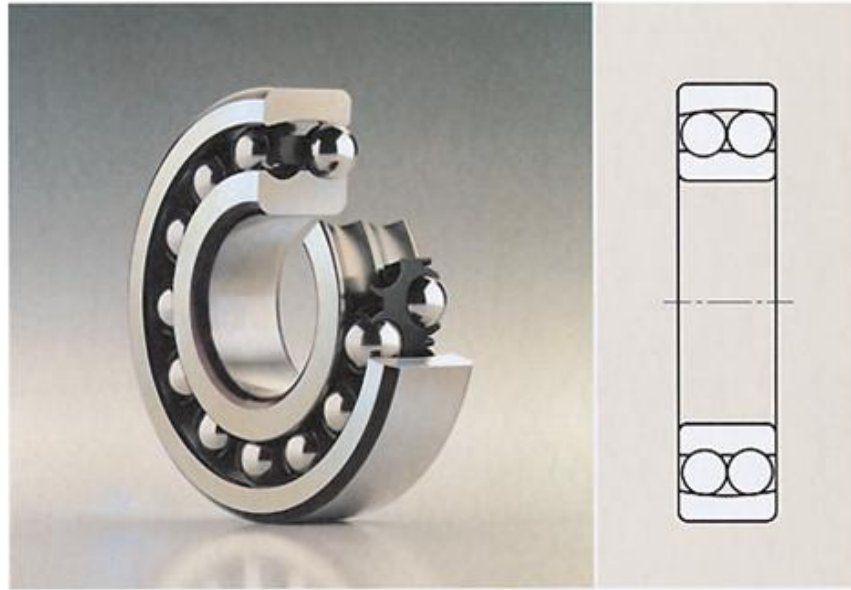


Kuva 2. Urakuulalaakeri. (Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)

Pallomaisissa kuulalaakereissa on kaksi kuulariviä, joilla on yhteinen pallomainen vierintärata ulkorenkaalla. Laakerit ovat itseasettuvia, joten ne sallivat akselin ja laakeripesän väliset vähäiset yhdensuuntaiserot. Laakerit ovat erityisen sopivia laakerointeihin, joissa voi syntyä yhdensuuntaiseroja asennusvirheistä tai akselin taipumisen johdosta.

Laakeroinneissa, joissa pallomaisten kuulalaakereiden kantokyky on riittämätön, on syytä käyttää pallomaisia rullalaakereita, joilla on samat itseasettuvuusominaisuudet.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva 3. Pallomainen kuulalaakeri. (Knowpap 9.0(11/2007) / käynnissäpito/ laakerit/ laakerityypit)

Viistokuulalaakerit sallivat keskisuuret kuormitukset suurilla pyörimisnopeuksilla. Yksiriviset viistokuulalaakerit pystyvät kantamaan myös samaan aikaan vaikuttavia säteis- ja aksiaalikuormituksia, mutta aksiaalikuormaa vain yhteen suuntaan. Kaksiriviset viistokuulalaakerit pystyvät kantamaan aksiaalikuormaa molempiin suuntiin ja tämä laakeri pystyy kantamaan myös momenttikuormia.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva 4. Viistokuulalaakeri. (Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)

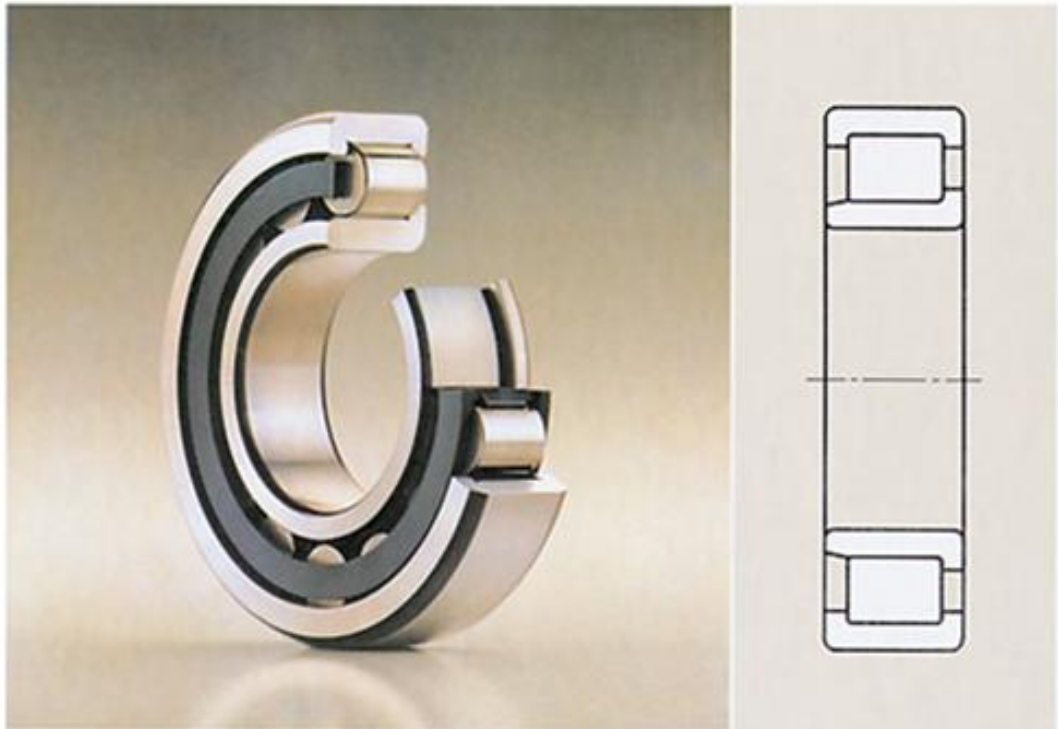
4.2 Rullalaakerit

Rullalaakereita valmistetaan monia eri malleja ja kokoja. Mallit voi jakaa seuraaviin eri ryhmiin: lieriörullalaakerit, neulalaakerit, pallomaiset rullalaakerit ja kartiorullalaakerit.

Yleisimmät **lieriörullalaakerit** ovat yksirivisiä laakereita, joissa on pitimet, mutta myös yksi- tai kaksirivisiä täysrullalaakereita sekä lieriömäisiä ristirullalaakereita näkee käytettävän. Pitimellisissä yksirivisissä lieriörullalaakereissa rullat saavat ohjauksen toisen laakerirenkaan kiinteistä laipoista. Laakerirengas, jossa on kiinteät laipat, voidaan yhdessä pitimen ja rullaston kanssa irrottaa toisesta renkaasta. Tämä helpottaa oleellisesti asennusta ja irrotusta ennen kaikkea silloin, kun kuormitusolojen takia kummallakin laakerirenkaalla on oltava tiukka sovite.

Yksirivisillä lieriörullalaakereilla on suuri säteiskantokyky ja ne kestävät kohtalaisen suuria pyörimisnopeuksia. Niitä valmistetaan useina eri rakenteina ja ne eroavat toisistaan laippojen osalta.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva 5. Lieriörullalaakeri. (Knowpap 9.0(11/2007)käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)

Neulalaakerit ovat rullalaakereita, joissa on ohuet ja pitkät lieriömäiset rullat, niin kutsutut neularullat. Matalasta poikkileikkauskorkeudestaan huolimatta laakereilla on suuri kantokyky ja ne ovat näin ollen sopivia laakerointeihin, joissa säteittäinen tila on rajoitettu.

Neularullien vaippapinta on hieman kaareva rullien päitä kohti. Tämä mahdollistaa neularullien ja vierintä ratojen välisen joustavan viivakosketuksen, mikä estää vahingolliset reunakuormitukset.

Neulalaakereita valmistetaan useita eri malleja: neularullaholkit, joissa on avoimet päät tai toinen pää on suljettu, neulalaakerit sisärenkaalla tai ilman sisärengasta, neulalaakerit ilman laippoja, neularullakehät, säädettävät neulalaakerit, yhdistetyt neula-/kuulalaakerit, yhdistetyt neula-/paineakuulalaakerit ja yhdistetyt neula-/lieriömäiset painerullalaakerit.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva 6. Neulalaakeri. (www.schaeffler.com)

Pallomaisissa rullalaakereissa on kaksi rullariviä ja näillä yhteinen pallomainen vierintärata ulkorenkaalla. Sisärenkaalla on kummallakin rullarivillä oma vierintäratansa, joka on laakerin akseliin nähden viistossa. Laakeri on itseasettuva, joten laakerit sallivat akselin ja laakerinpesän välisen pienen yhdensuuntaiseron, joka voi asennettaessa tai akselin taipuman vuoksi syntyä. Laakerit pystyvät säteiskuormitusten lisäksi kantamaan aksiaalikuormituksia kumpaankin suuntaan.

Pallomaisissa rullalaakereissa on suuri määrä pitkiä symmetrisiä rullia, joiden halkaisija on iso, joten laakerin kuormankantokyky on hyvin suuri. Vierintäratojen erikoismuotoilusta ja niiden pintaominaisuuksien optimoinnista johtuen on pallomaisien rullalaakereiden kitka erittäin pieni. Laakereiden parannettua suorituskykyä voidaan käyttää hyväksi joko alentuneena käyttölämpötilana, suurempana aksiaalikuormituksena tai suurempana pyörimisnopeutena.

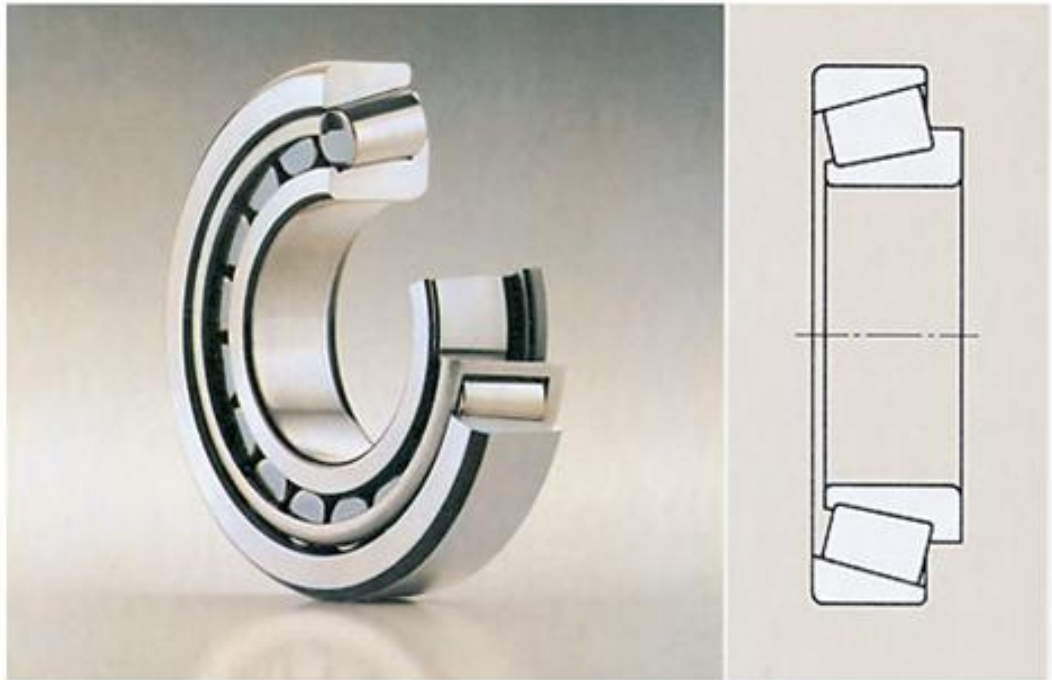
(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva 7. Pallomainen rullalaakeri. (Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit laakerityypit)

Kartiorullalaakereiden ulko- ja sisärenkaan vierintäradat sekä rullat ovat kartiomaisia. Kartiomaisten pintojen kuvitellut jatkeet suppenevat laakerin geometrisella akselilla olevaa pistettä kohti. Tällä kartiomuodolla saadaan optimaaliset vierintäolosuhteet. Laakerit ovat tämän vuoksi erityisen sopivia kantamaan yhdistettyjä kuormituksia (säteis- ja aksiaalkuormituksia). Aksiaalinen kantokyky määräytyy pääasiassa kosketuskulmasta, joka vastaa ulkorenkaan vierintäradan kulmaa. Mitä suurempi tämä kulma on, sitä suurempi on aksiaalinen kantokyky. Kartiorullalaakerit eivät tavallisesti ole itsestään koossa pysyviä, ts. sisärenkas ja rullasto muodostavat oman kokonaisuuden, joka voidaan asentaa erikseen ilman ulkorengasta. Yleisimmät kartiorullalaakerit ovat yksirivisiä, kaksirivisiä tai nelirivisiä.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva8. Kartiorullalaakeri. (Knowpap9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)

4.3 Painelaakerit

Painelaakerit on tarkoitettu kantamaan aksiaalisia kuormia. Yksisuuntaiset painekuulalaakerit voivat kantaa vain yhteen suuntaan vaikuttavia aksiaalikuormituksia. Kahteen suuntaan vaikuttavia aksiaalikuormituksia varten on valittava kaksisuuntaiset painekuulalaakerit. Yhteen suuntaan vaikuttavia keskisuuria ja suuria aksiaalikuormituksia varten on edullisinta valita paineneulalaakeri, yksisuuntainen lieeriömäinen tai pallomainen painerullalaakeri. Suuria vaihtelevia kuormituksia varten valitaan joko kaksi lieeriömäistä tai pallomaista painerullalaakera vierekkäin asennettuina.

(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)



Kuva 9. Painekuulalaakereita.(Knowpap 9.0(11/2007)/käynnissäpito/laakerit/laakerityypit)

5 TEHONSIIRTO

Tehonsiirtoelimillä tarkoitetaan kaikkia niitä koneenelimiä, jotka osallistuvat tehonsiirtoon. Tehon lähteenä on useimmiten jonkin tyyppinen sähkömoottori, polttomoottori, paineilmamoottori tai hydraulimoottori. Näiden käyttölaitteiden ja mitä erilaisimpien käyttöympäristöjen aiheuttamat rasitukset ja jännitykset käytettäville koneenelimille ovat hyvinkin erilaisia.

Mekaanisen tehonsiirron yhteydessä muutetaan usein myös pyörimisnopeutta hammaspyörien, ketjujen ja hihnojen avulla. Tällaista tehonsiirtoa kutsutaan usein välitykseksi tai käytöksi. Kytkimet taas siirtävät pyörimisliikkeen sellaisenaan akselilta toiselle. Mekaanisessa tehonsiirrossa tarvitaan myös jarruja.

(Ansaharju 2009, 178)

5.1 Hammaspyörävälitys

Hammaspyörillä välitetään pyörimisliikettä voimansiirtolaitteistossa akselilta toiselle muuntaen samalla tarvittaessa akselien pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia.

Yleisimpiä hammaspyöräkäyttöjä ovat lieriöhammaspyörä-, kartiohammaspyörä ja kierukkakäytöt.

Hammaspyöräkäytön välityssuhde i voidaan laskea jakohalkaisijoiden, hammaslukujen tai pyörimisnopeuden perusteella, seuraavien kaavojen avulla:

$$i = \frac{d_2}{d_1} \quad \begin{array}{l} i = \text{välityssuhde} \\ d_1 = \text{käyttävän hammaspyörän jakohalkaisija} \\ d_2 = \text{käytettävän hammaspyörän jakohalkaisija} \end{array}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} \quad \begin{array}{l} z_1 = \text{käyttävän hammaspyörän hammasluku} \\ z_2 = \text{käytettävän hammaspyörän hammasluku} \end{array}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad \begin{array}{l} n_1 = \text{käyttävän hammaspyörän pyörimisnopeus} \\ n_2 = \text{käytettävän hammaspyörän pyörimisnopeus} \end{array}$$

Jos välityssuhde $i = 1$, tarkoittaa se sitä, että välitys ei muuta pyörimisnopeutta.

Jos välityssuhde $i > 1$, on kyseessä pyörimisnopeutta alentava välitys.

Jos välityssuhde $i < 1$, on kyseessä pyörimisnopeutta nostava välitys.



*Kuva 10. Hummer H1:n pyörännavoissa on hammaspyörävälitys. Sen avulla maava-
ra on saatu merkittävästi suuremmaksi. (www.tuulilasi.fi)*

5.2 Ketjuvälitys

Ketjukäyttö eli ketjuvälitys on hammaspyöräkäytön tapaan pyörimisnopeutta muuttava tehonsiirtolaitteisto. Siinäkin muuttuu samalla myös vääntömomentti. Ketjukäytön periaate on tuttu esim. polkupyörästä. Ketjupyörät on hammastettu, ja ketjussa on hammasuria vastaavat osat. Nämä yhdessä siirtävät tehoa ketjupyörältä toiselle ja samalla akselilta toiselle. Jos ketjupyörät ovat erikokoiset, ketjukäyttö muuttaa pyörimisnopeutta, eli välityssuhde muuttuu. Osa ketjukäytöistä voidaan luokitella nosto- ja kuljetinketjuiksi.

(Ansaharju 2009, 193)

Ketjukäytön välityksessä on yhteisiä piirteitä sekä hammaspyöräkäytön että hihnakäytön välityksen kanssa. Välityssuhteen i peruskaava on:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

n = ketjupyörän pyörimisnopeus

z = hampaiden lukumäärä

d = jakohalkaisija



Kuva 11. Ketjuvälitys. (www.konaflex.fi)

5.3 Hihnavälitys

Hihnakäyttö eli hihnavälitys on ketjukäytön kaltainen pyörimisnopeutta muuttava tehonsiirtolaitteisto. Sitä käytettäessä myös vääntömomentti muuttuu. Hihnavälityksessä pyörimisliike siirretään akselilta toiselle hihnan välityksellä. Hihnoja on erilaisia, ja akseleilla on hihnan muotoa vastaavat hihnapyörät. Liikkeen välittää hihnan ja pyörän välinen kitka. Hammashihnan pyörässä sen sijaan on hihnan hampaita vastaavat hampaat.

(Ansaharju 2009, 203)

Hihnakäytön välityksessä on yhteisiä piirteitä sekä hammaspyöräkäytön että ketjukäytön välityksen kanssa. Välityssuhteen i peruskaava on:

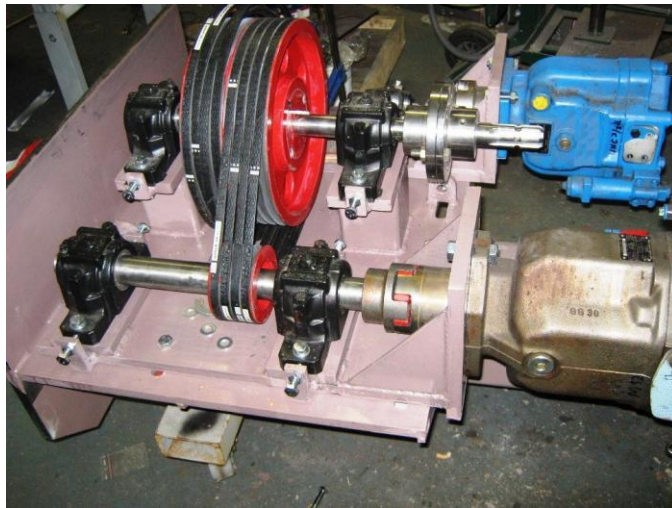
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

n = pyörimisnopeus

d = hihnapyörän halkaisija

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

z = hampaiden lukumäärä (kaavaa $i = \frac{z_2}{z_1}$ voidaan käyttää vain hammashihnavälityksessä)



Kuva 12. Kiilahihnavälitys, hirsisorvin tehonsiirto. (www.masinistit.com)

5.4 Vaihteet ja vaihtimet

Välityslaitteisto rakennetaan usein kotelon sisään itsenäiseksi kokonaisuudeksi, joka myös yleensä asennetaan omalle jalustalle. Tällaisessa laitteessa on tavallisesti kaksi akselia, ensiö- ja toisioakseli, jotka kytketään moottoriin ja käytettävään laitteeseen. Laitetta kutsutaan vaihteeksi tai vaihtimeksi.

(Ansaharju 2009, 217)



Kuva 13. Erilaisia vaihteita. (www.kraftmek.com)

5.5 Kytkimet

Käytännön työssä tulee usein eteen tapauksia, joissa kaksi akselia pitää yhdistää toisiinsa. Tällaisiin liitoksiin käytetään koneenelintä, jota nimitetään kytkimeksi. Kytkimiä käytetään monenlaisiin tarkoituksiin, joten myös niiden toimintaperiaatteet vaihtelevat. Toimintansa ja käyttötarkoituksensa mukaan kytkimet jaetaan kiinteisiin, liikkuviin, irrotuskytkimiin ja itsetoimiviin kytkimiin.

(Ansaharju 2009, 220)



Kuva 14. Joustava kytkin. (www.konaflex.fi)

5.6 Jarrut

Kuten kulkuneuvoissa myös teollisuuskoneissa käytetään jarruja pyörivien laitteiden pyörimisnopeuden säätämiseksi tai pysäyttämiseksi. Jarrujen toimiminen perustuu useimmiten kitkaan, mutta myös hydraulisia ja generaattorijarruja käytetään. Kitkapinnoitteen on oltava suurikitkaista sekä kulutusta ja lämpöä kestävä. Liiallisen lämpenemisen estämiseksi jarrussa tulee olla myös jäähdytysmahdollisuus.

(Ansaharju 2009, 229)

Kitkapintana käytetään esimerkiksi valurautaa, puuta tai erityistä kitkapinnoitetta. Vastapintana voi olla valurauta, teräs tai pronssi. Jarrutettaessa kitkapinnat puristuvat toisiaan vasten mekaanisesti, hydraulisesti, pneumaattisesti tai sähkömagneettisesti.

(Ansaharju 2009, 229)

Tehtävänsä mukaan jarrut voidaan jakaa säppeihin, jotka estävät pyörimisen toiseen suuntaan; pidätysjarruihin jotka estävät pyörimisen molempiin suuntiin; pysäytysjar-

ruihin, jotka jarruttavat kunnes liike lakkaa; säätöjarruihin, jotka säätävät pyörimisnopeutta, sekä kuormitusjarruihin, joita käytetään kuormituskokeissa. Rakenteensa mukaan jarrut taas jaetaan kenkäjarruihin, vannejarruihin, lamellijarruihin, kartiojarruihin ja levyjarruihin.

Ansaharju 2009, 230)



Kuva 15. Kenkäjarru. (www.konaflex.fi)

6 TOLERANSSIT JA SOVITTEET

Toleranssi määrää sallitut rajat jollekin tuotteen tekniselle ominaisuudelle. Ominaisuudet voivat olla esimerkiksi elektronisen komponentin sähköisiä ominaisuuksia tai koneen osan mittoja ja muotoja. Toleranssi siis kuvaa esim. tuotteen tai työstön hyväksytyä epätarkkuutta.

Mittatoleranssit määräävät kappaleelle sallitut tosimitat nimellismittaan nähden. Toleranssit voidaan ilmoittaa yksinkertaisimmillaan rajamitoilla tai ylä- ja alaromitoin. Sallitut mitat voidaan kertoa myös toleranssijärjestelmän avulla. ISO-toleranssijärjestelmässä voidaan kirjaimen ja numeron muodostamalla symbolilla ilmaista toleranssiasema sekä toleranssiaste ja se, onko kyseessä reikä vai akseli.

Geometriset toleranssit määrittelevät kappaleen muotoja. Ne asettavat vaatimuksia muun muassa heiton suuruudesta, tasomaisuudesta ja samankeskisyydestä.

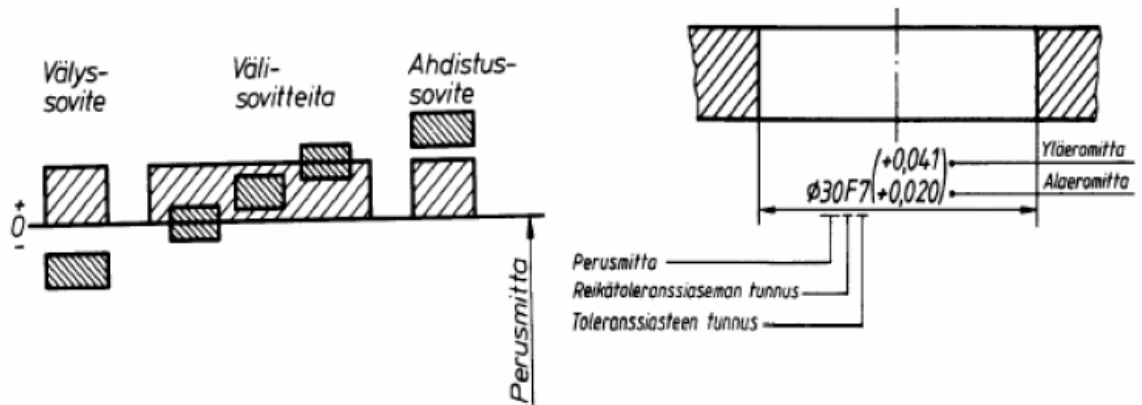
Toleranssiasemia on määritelty A:sta ZC:hen asti ja **toleranssiluokkia** 1:stä 18:aan. Reiälle käytetään isoa kirjainta ja akselille pientä. Kirjain kuvaa, onko reiän/akselin oltava nimellisarvoaan suurempi vai pienempi, ja numero kertoo vaihtelurajat. Toleranssiasemat h ja H rajoittuvat nolaviivaan. Jos akselin toleranssiasema on aakkosissa ennen h:ta oleva kirjain, akselin ylärajamitta on pienempi kuin akselin perusmitta. Jos toleranssiaseman tunnus on aakkosissa h:n jälkeen, on sen ylärajamitta suurempi kuin akselin perusmitta. Reikien toleranssiasemissa H:ta ennen olevien tunnusten alarajamitta on suurempi kuin reiän perusmitta. H:n jälkeen aakkosissa olevien toleranssiasemien alarajamitta on pienempi kuin reiän perusmitta. Toleranssiluokissa toleranssialue kasvaa toleranssiasteen kasvaessa.

Sovite muodostuu mittaeroista, jotka kahdella yhteen liitettävällä osalla on ennen asennusta. Usein toisena osana on akseli ja toisena siihen liitettävä komponentti, esimerkiksi laakeri tai hammaspyörä.

Välysovitteessa akseli on pienempi kuin reikä. **Välisovitteessa** akseli ja reikä ovat likimain samankokoisia, **ahdistusovitteessa** akseli on suurempi kuin reikä.

Reikäkantajärjestelmässä reiän toleranssiasema on aina H. Sopiva sovitetyyppi saadaan muuttamalla akselin toleranssiasemaa. Reiässä toleranssiaste on yleensä vähän suurempi kuin akselin.

Akselikantajärjestelmässä akselin toleranssiasema on aina h. Sopiva sovitetyyppi saadaan muuttamalla reiän toleranssiasemaa.



Kuva 16. Reikäkantajärjestelmään perustuva periaatepiirros eri sovitteista, lisänä esimerkki toleranssien ilmoittamisesta piirustuksessa. (<http://students.turkuai.fi>)

7 KONEASENNUSHARJOITTELUPUKKI

Koneasennusharjoittelupukki on asentajaoppilaille tarkoitettu harjoitustyö, jota oppilaat voivat koota ja purkaa. Pääkoonpanoon sisältyy kolme akselia, jotka on koottu erilaisilla laakeroinneilla. Akseleiden tehonsiirtona toimivat kiilahihnat ja ketju, voimanlähteenä käsikampi.

7.1 Akseli 1

Akseli 1 on suunniteltu siten, että sen asentamiseen kuuluu kaksi kappaletta laakerointeja, joissa on yksirivinen urakuulalaakeri, kiilahihnapyörä taperlock kiinnityksellä ja kampi, jonka avulla järjestelmää pääsee pyörittämään. (ks. liite 2)

Lieriöreikäiset pienet laakerit asennetaan paikalleen ilman lämmitystä käyttäen apuna laakerin asennukseen tarkoitettuja lyöntityökaluja (reiän halkaisija korkeintaan 30 mm). Käytetään asennuksessa tavallista vasaraa, ei kupari/ lyijy/ tai vastaavia vasaroita, koska niistä voi irrota palasia, jotka voivat joutua laakerin vierintäelimien väliin.

Kun laakeri asennetaan tiukalla sovitteella, valitaan iskuholkki, joka on sen muotoinen, että se tukeutuu sisärenkaaseen; silloin lyöntivoima ei kulkeudu vierintäelimien

kautta. Kun laakeri asennetaan pesään tiukalla sovitteella, käytetään ulkorenkaaseen tukeutuvaa holkkia. Kun laakeri on itsestään koossa pysyvää rakennetta ja se on asennettava tiukalla sovitteella sekä akselille että pesään, käytetään iskuholkkia, joka tukeutuu molempiin laakerirenkaisiin.

7.1.1 Akselin 1 kokoonpano

Varaa työtä varten seuraavat työkalut: vasara ja laakerin asentamiseen sopiva iskuholkki, 13 mm kiintolenkkiavain, öljykannu, momenttiavain ja 6 mm kuusiokolohylsy, nukkaamaton puhdistusliina sekä sisä- ja ulkopuolinen mikrometri.

- Puhdista osat.
- Tarkista, että akselien ja laakeripesien mitat ovat toleranssin mukaiset.
- Ennen laakerin asentamista on tärkeää tarkistaa, että asennettava laakeri on oikeanlainen eli että pakkauksessa oleva laakerimerkintä on sama kuin piirustuksissa.
- Kiinnitä akseli tukevasti esim. ruuvipuristimeen, pehmeitä leukoja käyttäen.
- Aseta akseleille laakerointien sisäpuoliset kannet.
- Poista laakereista suojarasvat.
- Asenna laakerit akselille iskuholkin ja vasaran avulla, laakerit asennetaan kylmänä.
- Asenna laakeripesä laakerin päälle, laakeripesässä liukusovite.
- Kiinnitä sisempi kansi laakeripesään.
- Aseta ja kiinnitä ulompi kansi laakeripesään.
- Aseta ja kiinnitä kampi akselin päähän.
- Taper Lock -holkin asennus:
 - Poista suoja- aine holkin reiästä ja kartiopinnalta sekä kiilahihnapyörän kartiopinnalta.
 - Varmista vielä, että pinnat ovat puhtaat eikä niissä ole öljyä tai liikaa. Asenna holkki navalle niin, että ruuvin reiät ovat oikeassa asennossa.
 - Öljyä kevyesti kierre ja asennusruuvien päät sekä ruuvin kantojen alapinta.

- Aseta ruuvit reikiin niin, että ruuvit on asennettu oikeisiin kohtiin. Asennusruuvit tulevat reikiin, joiden kohdalla kierre on navassa.
- Puhdista akseli.
- Varmista, että holkki ei ole lukittuna napaan. Laita holkki pyörän kanssa akselin päälle oikeassa asennossa.
- Kiristä ruuveja vuoron perään ja tasaisesti, kunnes kaikki on kiristetty tiukkaan, lopullinen kiristysmomentti on 30 Nm.

(Kiilahihnojen ja Taper Lock holkin asennus- ja käyttöohje)

7.2 Akseli 2

Akseli 2 on suunniteltu siten, että sen asentamiseen kuuluu kaksi laakerointia, joissa on pallomaiset kuulalaakerit, kuorikytkin, kiilahihnapyörä Taper Lock kiinnityksellä sekä ketjupyörä lukittuna kiilalla sekä ruuvilla (ks. liite 3).

7.2.1 Akselin 2 kokoonpano

Varaa työtä varten seuraavat työkalut: vasara ja laakerin asentamiseen sopiva hakaavain, 13 mm kiintolenkkiavain, öljykannu, momenttiavain ja 6 mm ja 8 mm kuusio-kolohylsy, nukkaamaton puhdistusliina sekä sisä- ja ulkopuolinen mikrometri.

Pallomaiset rullalaakerit ja pallomaiset kuulalaakerit on usein asennettu kiristys- tai vetoholkeille. Tämä asennusmenetelmä tuo useita etuja, kuten että akseli ei vaadi tarkkaa koneistusta sekä asennus ja irrotus ovat helppoja.

Kiristysholkille asennetut pienet ja keskikokoiset laakerit voidaan irrottaa käyttämällä iskuholkkia ja vasaraa. Vältä tuurnan käyttämistä, koska se vahingoittaa helposti laakeria tai kiristysholkkia.

Kierrä lukitusmutteria joitain kierroksia auki. Aseta iskuholkki mutteria vasten ja lyö iskuholkkia napakasti niin, että laakeri irtoaa. Jos laakeri on asennettu niin, että holkin mutteri on sisäänpäin, iskuholkki tuetaan sen sijaan sisärengasta vasten. Jos laa-

keri on asennettu niin, ettei sitä voida irrottaa iskuholkin avulla, voidaan käyttää kaarituurnaa erikoistyökaluna.

- Puhdista osat.
- Tarkista, että akselien ja laakeripesien mitat ovat toleranssin mukaiset.
- Ennen laakerin asentamista on tärkeää tarkistaa, että asennettava laakeri on oikeanlainen eli, että pakkauksessa oleva laakerimerkintä on sama kuin piirustuksissa.
- Kiinnitä akselit tukevasti esim. ruuvipuristimeen, pehmeitä leukoja käyttäen.
- Pyyhi suoja- aineet pois holkista ja laakerin reiästä.
- Öljyä holkin vaippapinta, mutterin kierteet ja laakeria vasten asettuva mutterin sivupinta.
- Avaa holkkia hieman ruuvitaltalla ja liu'uta se oikeaan kohtaan akselilla.
- Aseta laakeri holkille ja kierrä mutteri paikoilleen mutterin viisto sivu laakeria vasten. Kiristä mutteri niin tiukkaan, että varmistat laakerin ja akselin kosketuksen holkkiin. Älä ahda laakeria ylöspäin holkilla.
- Oikean sovitteeseen aikaan saamiseksi käännä kiristysmutteria haka-avaimella 70° , kiristä vielä muutama aste varovasti haka-avainta vasaralla kopauttamalla.
- Normaalivälyksinen pallomainen kuulalaakeri on oikeassa välyksessä, kun ulkorengas pyörii vielä herkästi, mutta vastustaa kääntymistä.
- Avaa mutteri, asenna varmistinlaatta paikoilleen ja kierrä mutteri uudelleen kiinni niin, että yksi varmistuslaatan sakaroista jää mutterin uran kohdalle, mutta laakeri ei siirry enää holkilla ylöspäin.
- Lukitse mutteri kääntämällä yksi varmistinlaatan sakaroista mutterin uraan.
- Asenna laakeripesä laakerin päälle, laakeripesässä liukusovite.
- Kiinnitä laakeripesän kannet.
- Asenna kuorikytkin akseleille, ruuvien kiristysmomentti (8.8) on 24 Nm, huomioi akselin pituus.
- Asenna kiila ja ketjupyörä akselin päähän .
- Taper Lock - holkin asennus:
 - Poista suoja- aine holkin reiästä ja kartiopinnalta sekä kiilahihnapyörän kartiopinnalta.
 - Varmista vielä, että pinnat ovat puhtaat eikä niissä ole öljyä tai likaa. Asenna holkki navalle niin, että ruuvien reiät ovat oikeassa asennossa.

- Öljyä kevyesti kierre ja asennusruuvien päät sekä ruuvien kantojen alapinta.
- Aseta ruuvit reikiin niin, että ruuvit on asennettu oikeisiin kohtiin. Asennusruuvit tulevat reikiin, joiden kohdalla kierre on navassa.
- Puhdista akseli.
- Varmista, että holkki ei ole lukittuna napaan. Laita holkki pyörän kanssa akselin päälle oikeassa asennossa.
- Kiristä ruuveja vuoron perään ja tasaisesti, kunnes kaikki on kiristetty tiukkaan, lopullinen kiristysmomentti on 30 Nm.

(Kiilahihnojen ja Taper Lock holkin asennus- ja käyttöohje)

7.3 Akseli 3

Akseli 3 on suunniteltu siten, että sen asentamiseen kuuluu kaksi kappaletta liukulaakereita sekä ketjupyörä lukittuna kiilalla ja ruuvilla (ks. liite 4).

7.3.1 Akselin 3 kokoonpano

Varaa työtä varten seuraavat työkalut: vasara ja laakerin asentamiseen sopiva iskuholkki, 10 ja 13 mm kiintolenkkiavain, öljykannu, nukkaamaton puhdistusliina sekä sisä- ja ulkopuolinen mikrometri.

- Puhdista osat.
- Tarkista, että akselien, laakeripesien ja ketjupyörän mitat ovat toleranssin mukaiset.
- Aseta liukulaakeriholkki liukulaakeroinnin rungon vasemman pään reiälle, koputa varovasti vasaralla niin, että holkki saa suoran lähdön reikään, minkä jälkeen ota iskuholkki ja naputa laakeriholkki varovasti reikään.
- Aseta akseli asennettuun laakeriholkkiin.
- Asenna toinen liukulaakeriholkki akselin toiseen päähän niin, että se osuu samalla liukulaakeroinnin oikean pään reikään. Tämän jälkeen ota vasara ja iskuholkki, joiden avulla naputa laakeriholkki paikalleen.

- Asenna kiila kiilauraan, minkä jälkeen asenna ketjupyörä akselille ja laita aluslevy sekä kuusioruuvi paikalleen.
- Asenna rasvanipat M6 paikalleen.

7.4 Runko

Rungon kokoonpanoon kuuluu akselien 1, 2 ja 3 asentaminen runkoon, sekä akselien välillä olevien tehonsiirtoelimien eli kiilahihnojen, ketjun ja kuorikytkimen asentaminen (ks. liite 5).

7.4.1 Rungon kokoonpano

Varaa työtä varten seuraavat työkalut: vasara ja laakerin asentamiseen sopiva hakaavain, 13 mm kiintolenkkiavain, öljykannu, momenttiavain ja 6 mm ja 8 mm kuusiokolohylsy, nukkaamaton puhdistusliina sekä sisä- ja ulkopuolinen mikrometri.

- Puhdista rungosta koneistetut pinnat, joihin laakeroinnit kiinnitetään. Puhdista myös laakerointien kiinnityspinnat.
- Asenna akselit 2 ja 3 runkoon siten, että kiinnitysruuvit jäävät löysälle (sormitiukkuuteen).
- Asenna ketju akselien 2 ja 3 ketjupyörille.
- Linjaa akseli 2 suoraan ja kiristä ruuvit.
- Linjaa akseli 3 samaan linjaan akselin 2 kanssa, säädä ketjun tiukkuus ja kiristä ruuvit.
- Asenna akseli 1 runkoon siten, että kiinnitysruuvit jäävät löysälle (sormitiukkuuteen) sekä että akseli jää lähimpään asemaan akseliin 2 nähden.
- Tarkasta, että kiilahihnat ovat samaan käyttösarjaan kuuluvia.
- Asenna kiilahihnat akselien 1 ja 2 kiilahihnapyörille (3 kpl).
- Kiristä kiilahihnat säätöruuveja apuna käyttäen, kiristä akselin kiinnitysruuvit. Kiilahihnojen kireys mitataan painamalla voimamittarilla hihnajänteen keskikohtaa voimalla 18 - 26 N, taipuman ollessa 1.5 % hihnajänteen pituudesta. Tässä tehtävässä voidaan käyttää akseliväliä hihnajänteen pituutena,

eli taipuman ollessa 6 mm ($400 \text{ mm} \times 1,5 \% = 6 \text{ mm}$) määrättyllä voimalla (18 - 26N) kiilahihnan kireys on oikea.

- Pyöritä kammesta muutama kierros ja tarkasta kiilahihnojen kireys.
- Ihanteellisin hihnankireys on alhaisin hihnankireys, jolla hihna ei luista huippukuormituksen aikana.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kouvolan seudun ammattiopistossa tekniikka Keltakankaalla koulutetaan koneenasentajia. Kuitenkin metalliosaston koneenasennuksen harjoittelumahdollisuudet ovat puutteelliset, minkä vuoksi tämä opinnäytetyö sai alkunsa.

Aluksi pohdittiin sitä, miten harjoittelumahdollisuuksia parannettaisiin. Tämän pohdiskelun tuloksena päädyttiin siihen, että laakeroinnin ja voimansiirron osa-alueella on eniten puutteita käytännön harjoittelumahdollisuuksissa. Näiden aiempien pohdiskelujen tuloksena suunniteltiin koneenasennusharjoittelupukki.

Koneenasennusharjoittelupukin suunnittelussa paljon pohdintaa aiheuttavia asioita olivat toleranssit. Akseli 1 on laakeroitu lieriöreikäisillä laakereilla. Tällaisen rakenteen akselin toleranssi laakerin sisärengasta vastaan on joko k6 tai h6. Tässä tapauksessa h6 on suotavampi, koska laakeroinnin purkaminen on huomattavasti helpompaa. Akseli 2 on laakeroitu laakereilla, mitkä asennetaan kartioholkin päälle. Kartioholkille asennetun akselin toleranssi on h8, mikä on huomattavasti helpompaa valmistaa, kuin akseli minkä toleranssi on h6. Laakeripesät suunniteltiin toleranssilla H8, ja siksi laakeripesät muodostavat liukusovitteen laakereiden kanssa. Tämä helpottaa laakereiden asentamista ja purkamista. Lisäksi suunnittelussa on huomioitu se, että akseleiden laakeroinneissa on toinen pää kiinteä ja toisessa päässä on liikevara, joka on lämpölaajenemisen varalle suunniteltu, mutta ei ole näissä laakeroinneissa tarpeellinen muuten kuin opetuksellisesti. Kiinteä laakerointi suunnitellaan aina käytön puoleiseen päähän.

Työn valmistuttua voidaan todeta, että työ vastaa todella hyvin koneenasennuksen tulevaa opintosuunnitelmaa, joka ei ollut tiedossa vielä työtä tehtäessä (ks. liite 1).

LÄHTEET

Ansaharju Tapani 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki:WSOY Op-
pimateriaalit Oy 2009

Erilaisia vaihteita kuvassa. Saatavilla: www.kraftmek.com/tuotekuvat/vaihteet_2.jpg (viitattu 06.05.2010)

Hammaspyörävälitys, kuvassa Hummer H1 pyörännapa. Saatavissa:
[www.tuulilasi.fi /.../HummerCTISandRunflat.jpg](http://www.tuulilasi.fi/.../HummerCTISandRunflat.jpg) (viitattu 06.05.2010)

Joustavan kytkimen kuva. Saatavissa: www.konaflex.fi/pix/00000075-tn.jpg (viitattu 06.05.2010)

Kenkäjarrun kuva. Saatavissa: www.konaflex.fi/?mag_nr=3&group=00000125 (viitattu 06.05.2010)

Ketjuvälityksen kuva. Saatavissa: www.konaflex.fi/index.php?group=00000104&mag_nr=3 (viitattu 06.05.2010)

Kiilahihnavälitys, kuvassa hirsisorvin tehonsiirto. Saatavissa: www.masinistit.com (viitattu 06.05.2010)

Kiilahihnojen ja Taper Lock holkin asennus- ja käyttöohje. Saatavissa: www.mfg.fi/main.site?action=binary/file&id=7&fid=305 (viitattu 06.05.2010)

Knowpap 9.0(11/2007) / käynnissäpito/ laakerit/ laakerityypit. Saatavissa: knowpap/suomi/maintenance/3_equipment/5_bearings/2_bearing_types/1_bearing_types/frame.htm

Knowpap 9.0(11/2007) / käynnissäpito/ laakerit/ vierintälaakerin rakenne. Saatavissa: knowpap/suomi/maintenance/3_equipment/5_bearings/2_bearing_types/0_structure/frame.htm

Kouvolanseudun ammattiopiston internet sivut. Saatavissa: www.ksao.fi (viitattu 06.05.2010)

Neulalaakerin kuva. Saatavissa: www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/products/branch_products/bearings_for_printing_units/122100_aaa_rgb_COL_2.jpg (viitattu 06.05.2010)

SKF- laakerikirja 1991. Torino: Stamperia Artistica Nazionale.

Toleranssiasemat ja toleranssit. Saatavissa: <http://students.turkuai.fi/luokat/konps03k/oppiaineet/toleranssi.pdf> (viitattu 06.05.2010)

4.2.3. KONEENASENNUS (20 ov)

Ammattitaitovaatimukset

Tutkinnon suorittaja asentaa työpiirustusten ja ohjeiden avulla koneiden runkorakenteita ja koneissa yleisesti esiintyviä mekaanisia rakenneosia, kuten laakereita, kytkimiä, johteita ja erilaisia tehonsiirron komponentteja. Hän suorittaa koneiden asennukseen liittyviä nosto- ja siirtotöitä, sekä kiinnittää laitteita perustuksille. Tutkinnon suorittaja suorittaa asennuksissa vaadittavia mittauksia, sekä huoltaa ja kunnostaa koneita.

Tutkinnon suorittaja

- valmistaa ja asentaa kierre-, kitka-, puristus-, kutistus-, kiila ja liimaliitoksia
 - käyttää mikrometriä ulko- ja sisämittausten suorittamiseen ja selvittää kierrelaitteiden kierteet mittaamalla
 - osaa todeta mittaamalla runkorakenteiden tarkkuusvaatimukset
 - mittaa epäkeskeisyyden ja heiton mittakelloa apuna käyttäen
-
- suorittaa linjauksia linjauslaitteiden avulla
 - suorittaa tasapainotuksia
 - asentaa komponentteja ja laitteita koneiden rakenteisiin
 - asentaa joustavia liitoksia jousien ja muiden joustavien kone-elimien avulla
 - osaa valmistaa tiivisteitä sekä asentaa pyörivän ja suoraviivaisen liikkeen tiivisteet
 - tunnistaa vierintä- ja liukulaakerityypit sekä asentaa laakerointeja
 - käyttää laakeriasennuksessa käytettäviä laitteita ja menetelmiä, kuten lämmityslaitteita ja puristimia
 - osaa mitata laakerivälilykset ja säätää ne oikeisiin toiminta- arvoihin
 - osaa tehonsiirron yleisimmät menetelmät ja niissä käytettävien kone-elimien toimintaperiaatteet
 - asentaa tehonsiirrossa käytettäviä kone-elimisiä, kuten kytkimiä, hammasvaihteita, hammaspyöriä, ketju-, hammashihna- ja hihnakäyttöjä
 - osaa voitelujärjestelmien periaatteet ja osaa asentaa niitä
 - suorittaa nostoja ja siirtoja sekä asentaa laitteita perustuksille ja koneiden alustoille
 - osaa suojata koneenosat varastoinnin ja kuljetuksen ajaksi mekaanisilta vaurioilta ja korroosiota vastaan
 - osaa yleisimmät teollisuudessa käytettävät putkiston osat ja osaa asentaa niitä
 - lukee koneenpiirustuksia ja osaa piirtää koneenosista työ- ja asennuskuvia.

Koneenasennuksen opintosuunnitelma, joka tulee voimaan 2010 aloittaville opiskelijoille.

Arviointi

Taulukkoon on koottu arvioinnin kohteet sekä arviointikriteerit kolmelle eri osaamisen tasolle.

Arvioinnin kohde	Arviointikriteerit		
	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
1. Työprosessien hallinta	Tutkinnon suorittaja		
Suunnitelmallinen työskentely	– tarvitsee ohjausta	– tarvitsee ohjausta alkuun pääsyssä	– työskentelee itsenäisesti suunnitelman mukaan
Työn kokonaisuuden hallinta	– tekee asennuksen ohjattuna	– hallitsee yksittäiset työvaiheet mutta tarvitsee ohjausta suuremmissa kokonaisuuksissa	– rakentaa laitteen tai sen osakokonaisuuden työpiirustusten mukaan
Aloitekyky ja yrittäjäyys	– kysyy tarvittaessa neuvoa	– vaatii alussa ohjausta – huomioi yrittäjäyden	– työskentelee omaaloitteisesti ja yritteliäästi

Arvioinnin kohde	Arviointikriteerit		
	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
2. Työmenetelmien, välineiden ja materiaalin hallinta	Tutkinnon suorittaja		
Asennustyöt	– suorittaa osien mekaanisia kiinnityksiä – suorittaa ryhmän apuna asennuskohteen tai osien nostoja ja siirtoja	– tekee itsenäisesti tai ryhmän aktiivisena jäsenenä vaativia asennuksia	– suorittaa itsenäisesti laitteiden käyttöön otossa tarvittavat mekaaniset säädöt
Työvälineiden käyttö	– käyttää annettuja työvälineitä tarkoituksenmukaisesti	– tekee tarkoituksen mukaiset työvälinevalinnat	– huoltaa ja pitää kunnossa työvälineitään

Koneenasennuksen opintosuunnitelma, joka tulee voimaan 2010 aloittaville opiskelijoille.

	niin, että ne eivät vahingoita koneenosia		
Materiaalin hallinta	– tunnistaa laitteissa käytettävien rakenteiden materiaalit – tekee materiaalin valinnat ohjeiden mukaisesti	– tietää materiaalien valintaperusteet – käsittelee materiaaleja oikein	– ratkaisee materiaalivalintoja – ennakoi materiaalitarpeen
Mittaukset ja säädöt	– valitsee oikeat mittavälineet ja suorittaa mittauksia	– varmistaa mittaamalla asennuksen onnistumisen – säätää mekaanisia laitteita	– tekee mittaukset huolellisesti ja tarkasti sekä arvioi mittaustuloksen oikeellisuutta – tekee laitteiden säädöt itsenäisesti toiminta- arvoihin

Arvioinnin kohde	Arviointikriteerit		
3. Työn perustana olevan tiedon hallinta	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
	Tutkinnon suorittaja		
Piirustusten ja ohjeiden ymmärtäminen	– tuntee asennuspiirustuksissa käytetyt esitystavat – selvittää asennuspiirustuksen ja ohjauksen avulla asennettavan laitteen toiminnan	– käyttää asennuspiirustuksia apuna työtehtävässään – päättelee piirustuksen avulla laitteen toiminnan	– selvittää piirustusten avulla laitteen toiminnan ja asennusjärjestyksen
Laadun hallintataidot	– tarvitsee ohjausta laatuvaatimusten tunnistamisessa	– tunnistaa työhön liittyvät laatuvaatimukset	– saa aikaan laadukkaan lopputuloksen
Matematiikan ja luonnontieteiden taidot	– ymmärtää työhön liittyvät fysikaalisten suureiden merkityksen	– päättelee fysikaalisten suureiden muutosten vaikutuksen työkohteessa	– tarkastelee tarvittaessa matematiikan avulla eri suureiden vaikutusta toimintaan

Koneenasennuksen opintosuunnitelma, joka tulee voimaan 2010 aloittaville opiskelijoille.

Arvioinnin kohde	Arviointikriteerit		
	Tyydyttävä T1	Hyvä H2	Kiitettävä K3
4. Elinikäisen oppimisen avaintaidot	Tutkinnon suorittaja		
Työturvallisuus	– noudattaa työhön liittyviä työturvallisuusohjeita	– työskentelee ergonomisesti oikein	– toimii aloitteellisesti kehittäen työympäristöään – toimii aktiivisesti työkyvyn ylläpitämiseksi
Oppimis- ja ongelmaratkaisutaidot	– oppii ohjauksen ja esimerkkien avulla	– ratkaisee ongelmia avustettuna ja arvioi tulosta	– ratkaisee työhön liittyvät ongelmat itsenäisesti ja arvioi kriittisesti työtään
Vuorovaikutus ja	toimii ohjattuna	– osaa toimia työparin	– osaa toimia

yhteistyötaidot	ryhmän tai työparin jäsenenä	tai ryhmän jäsenenä	vuorovaikutteisesti ja ottaa huomioon toiset työntekijät
Ammattieettiset taidot	– huolehtii jätteistä asianmukaisesti – huolehtii työympäristön siisteydestä	– toimii ympäristönsuojelun periaatteiden mukaisesti – huolehtii työpaikan siisteydestä ja koneiden huollosta	– toimii laatujärjestelmän mukaisesti

Ammattitaidon osoittamistavat

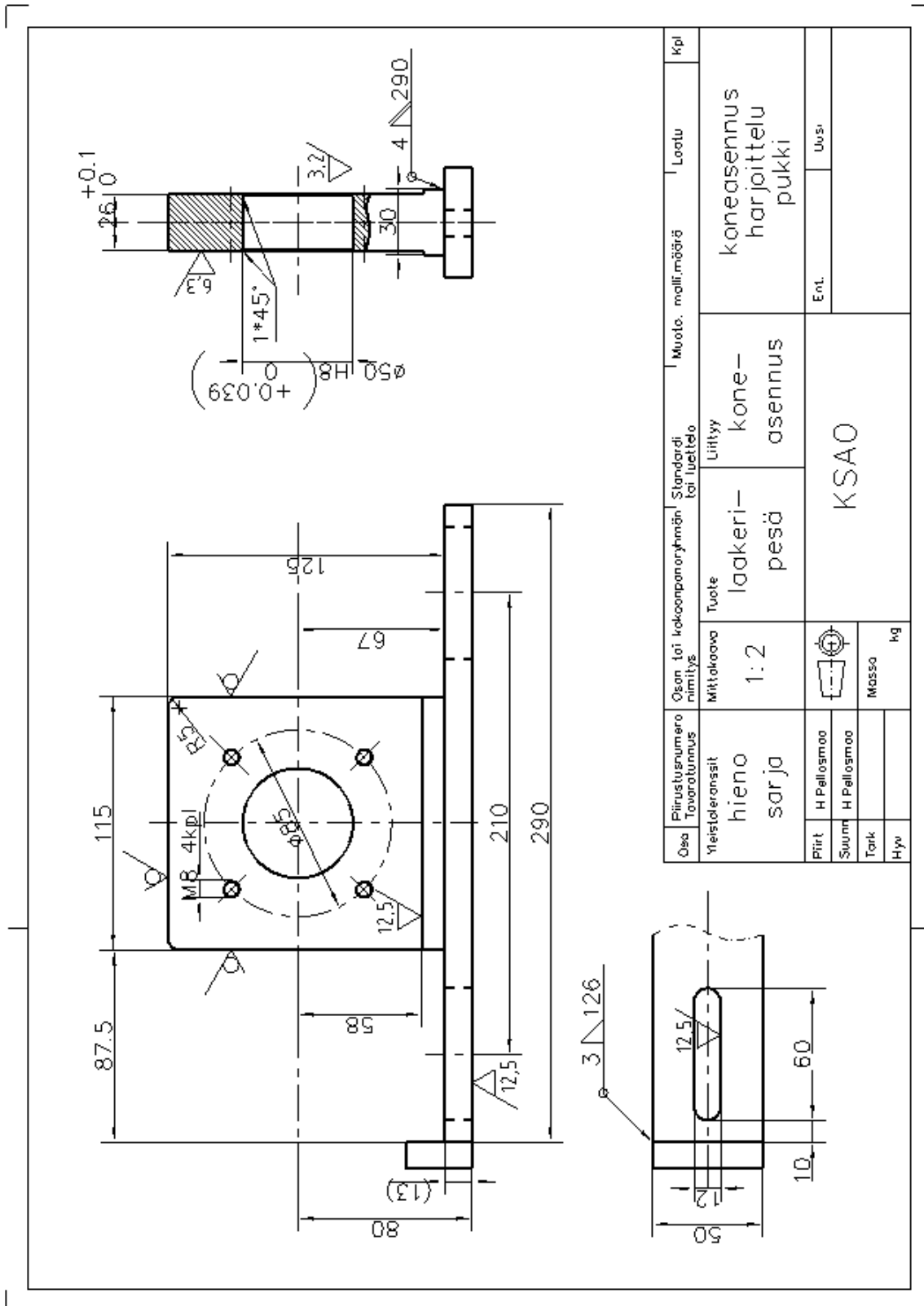
Opiskelija tai tutkinnon suorittaja osoittaa ammattitaitonsa tekemällä opintokokonaisuuden mukaisia tyypillisiä työtehtäviä, kuten koneiden runkorakenteiden, laakerointien, tehonsiirron kone- elimien ja voitelulaitteiden asennuksia alan yrityksissä tai oppilaitoksessa. Työtä tehdään siinä laajuudessa, että ammattitaidon voidaan todeta vastaavan ammattitaitovaatimuksia.

Ammattiosaamisen näytössä osoitetaan

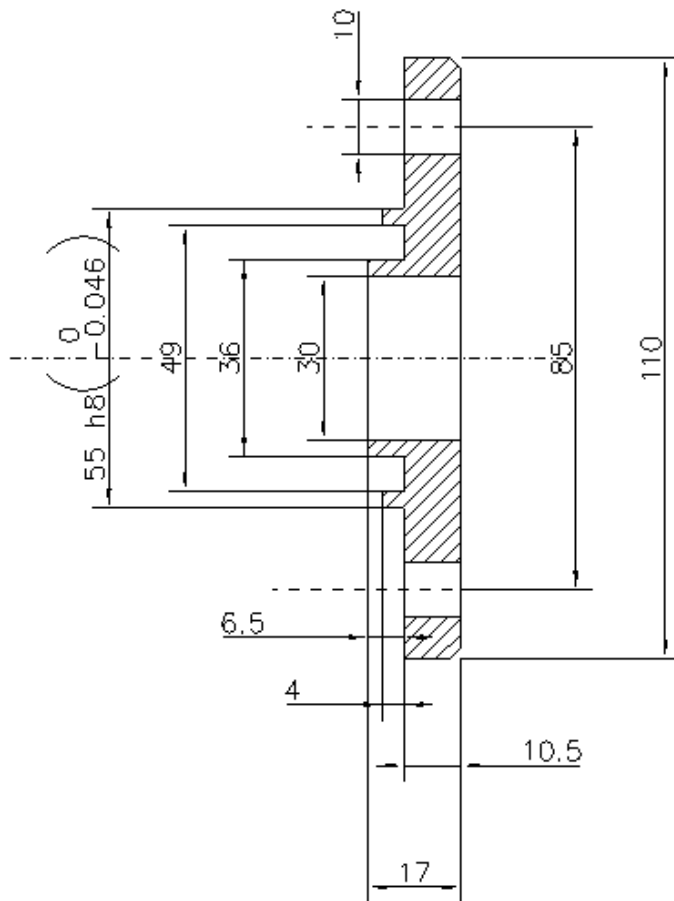
- työprosessien hallinta kokonaan
- työmenetelmien, -välineiden ja laitteiden hallinta kokonaan
- työn perustana olevan tiedon hallinta ohjeiden ja työpiirustusten mukaisesti työn tekemisessä osoitettavana laajuutena
- avaintaidot kokonaan

Siltä osin kuin tutkinnon osassa vaadittavaa ammattitaitoa ei voida ammattiosaamisen näytössä tai tutkintotilaisuudessa osoittaa, sitä täydennetään muulla osaamisen arvioinnilla, kuten haastattelujen, tehtävien ja muiden luotettavien menetelmien avulla.


Koneenasennuksen opintosuunnitelma, joka tulee voimaan 2010 aloittaville opiskelijoille.



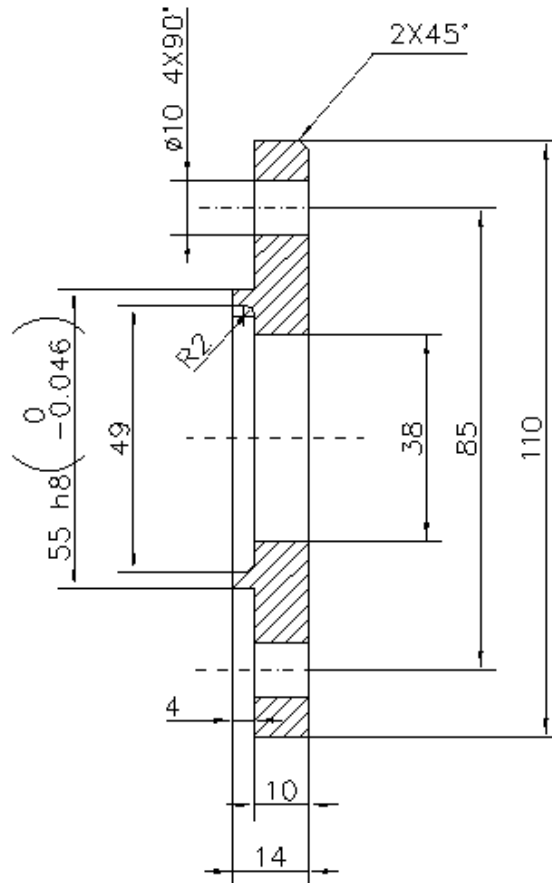
Laakeripesä, akseli 1




6.3/

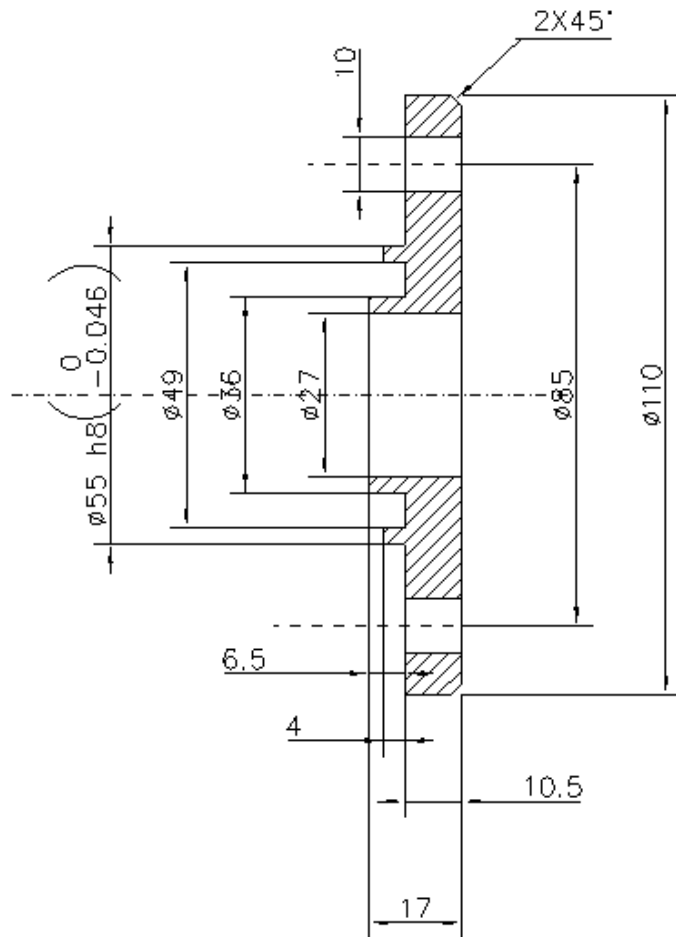
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava 1:1	Tuote ASENNUS HARJOITUS	Littyä KONE ASENNUS	KANSI AKSELI 1	
Piirt.	H. Pellasmaa		KSAO		Ent.	Uusi
Suunn.	H. Pellasmaa					
Tark.	Massa					
Hyv.	kg					

Kansi 1, akseli 1




Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava 1:1	Tuote ASENNUS HARJOITUS	Liittyy KONE ASENNUS	KANSI AKSELI 1	
Piirt.	H.Pellasmaa		KSAO		Ent.	Uusi
Suunn.	H.Pellasmaa					
Tark.					Massa	
Hyv.					kg	

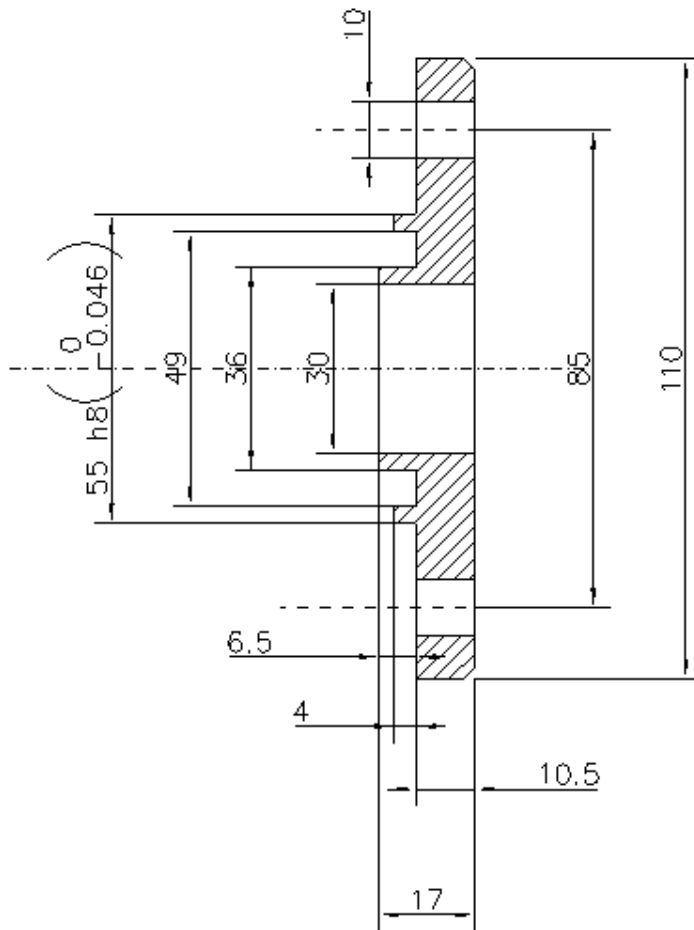
Kansi 2, akseli 1




6,3/

Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava 1:1	Tuote ASENNUS HARJOITUS	Liittyy KONE ASENNUS	KANSI AKSELI 1	
Piirt.	H.Pellosmaa		KSAO		Ent.	Uusi
Suunn.	H.Pellosmaa					
Tark.	Massa					
Hyv.	kg					

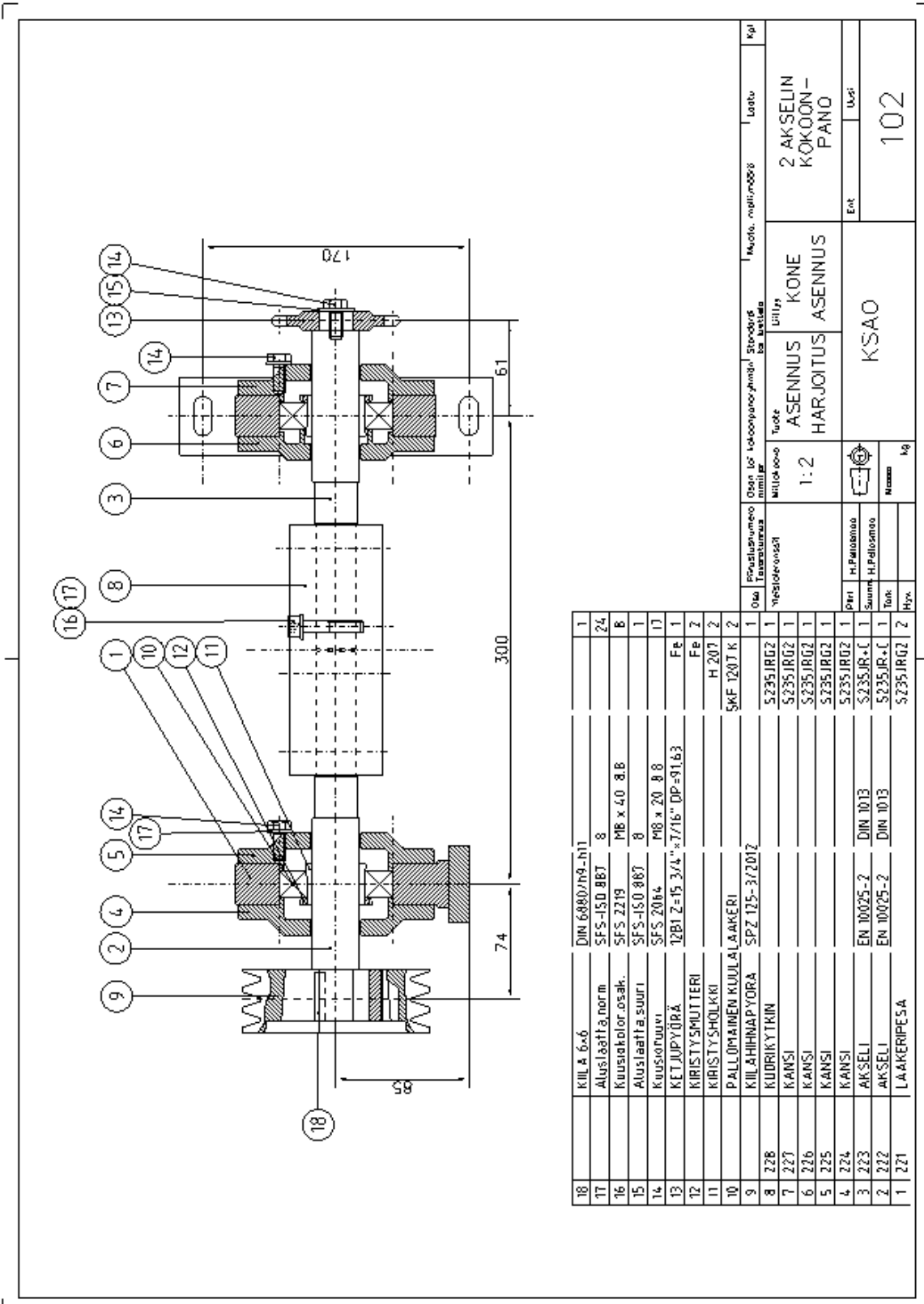
Kansi 3, akseli 1



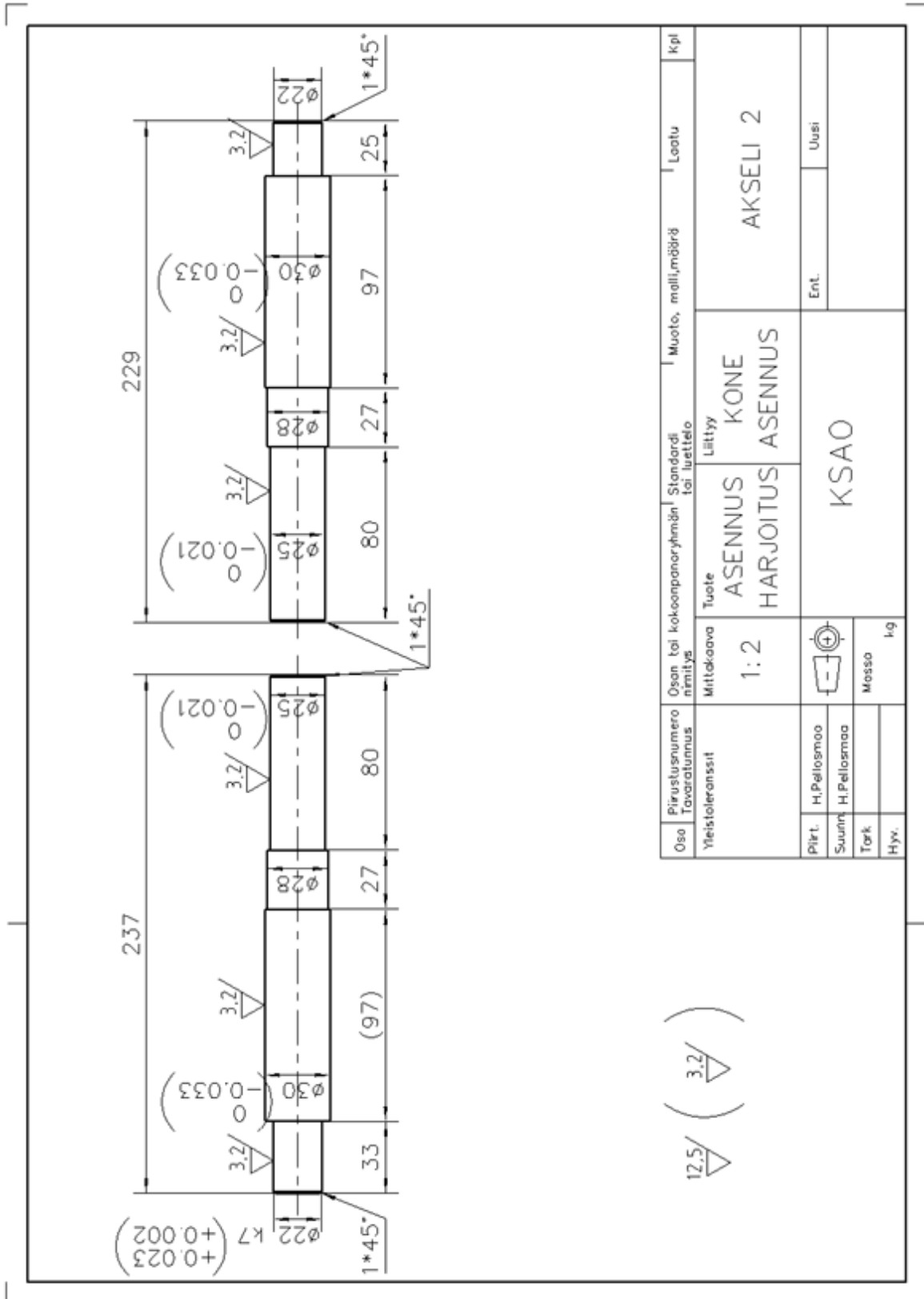
6.3/

Oso	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrd	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava 1:1	Tuote ASENNUS HARJOITUS	Litty KONE ASENNUS	KANSI AKSELI 1	
Piirl.	H.Pellosmaa		KSAO		Ent.	Uusi
Suunn.	H.Pellosmaa					
Tark.						
Hyv.						
		Massa kg				

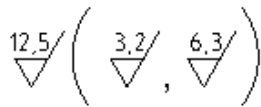
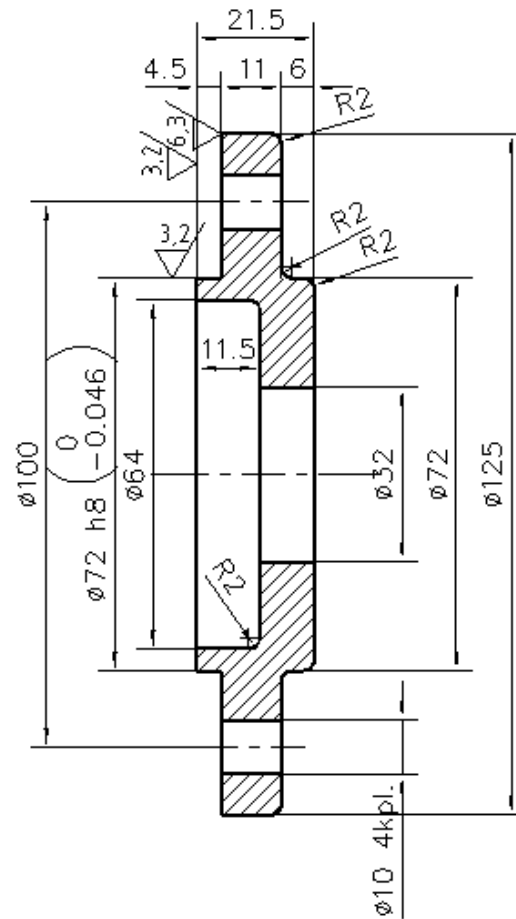
Kansi 4, akseli 1




Kokoonpano, akseli 2

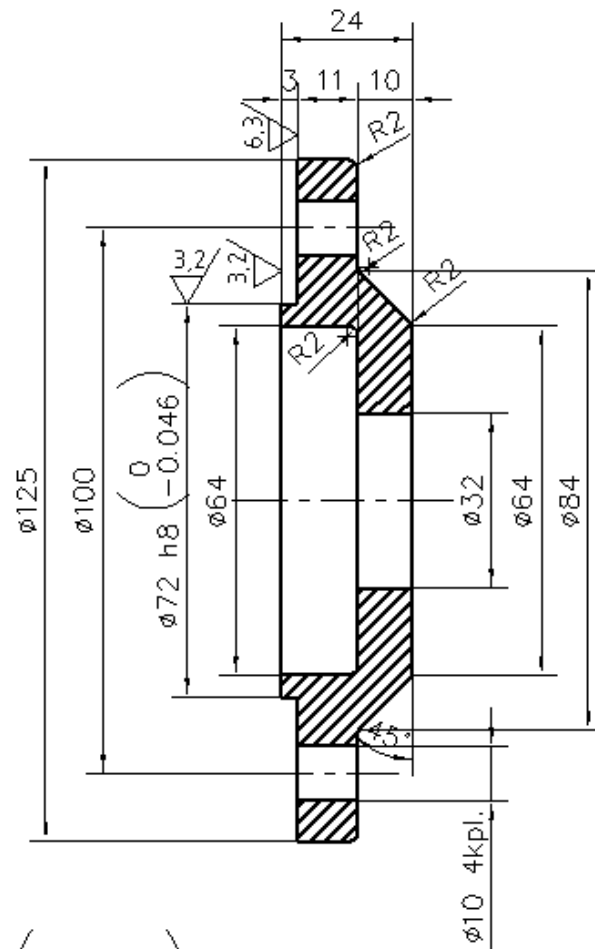


Akseli 2, 2kpl.



Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä	Laatu	Kpl	
Yleistoleranssit	hieno sarja	Mittakaava 1:1	Tuote kansi	Littyä 2. akseli	koneasennus harjoittelu penkki		
Piirt.	H. Peltosmaa		KSAO	Ent.	Uusi		
Suunn.	H. Peltosmaa						
Tark.				Massa			
Hyv.				kg			

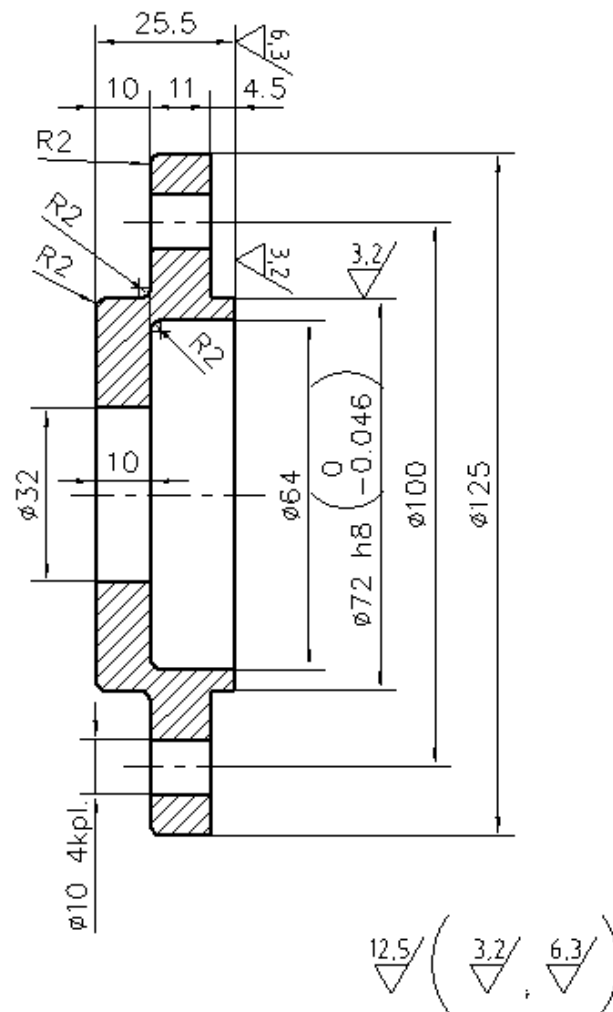
Kansi 1, akseli 2



$\nabla 12.5 / \left(\nabla 6.3, \nabla 3.2 \right)$

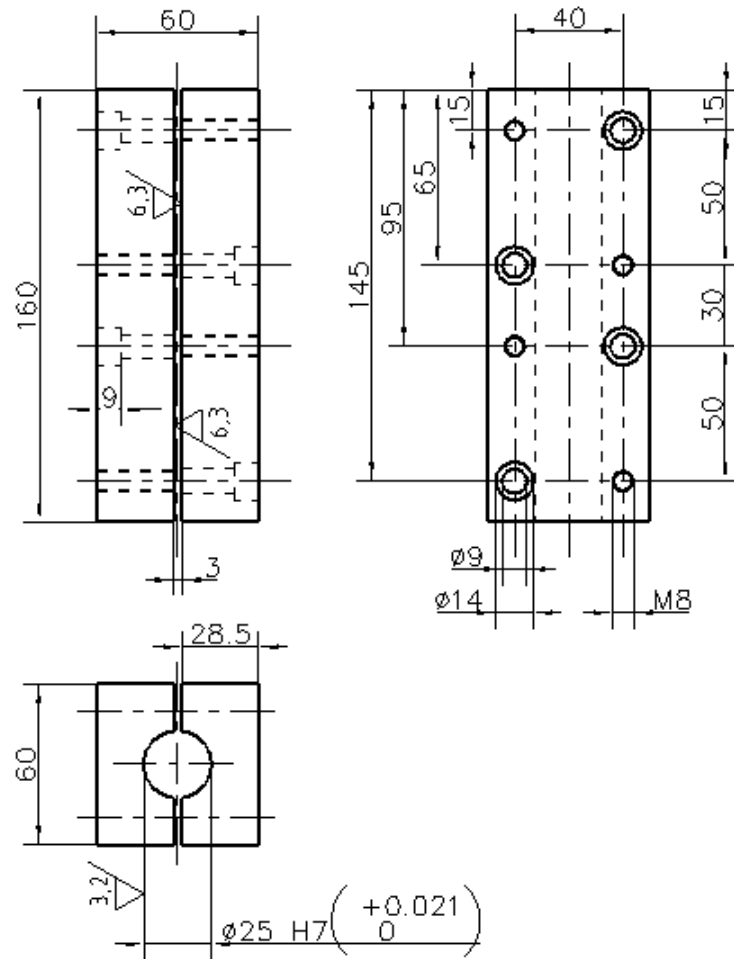
Oso	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli, määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Littyä	koneasennus harjoittelu pukki		
hieno sarja	1:1	kansi	2. akseli			
Piirt.	H. Pellosmaa	KSAO	Ent.		Uusi	
Suunn.	H. Pellosmaa					
Tark.	Massa					
Hyv.	kg					


Kansi 2, akseli 2



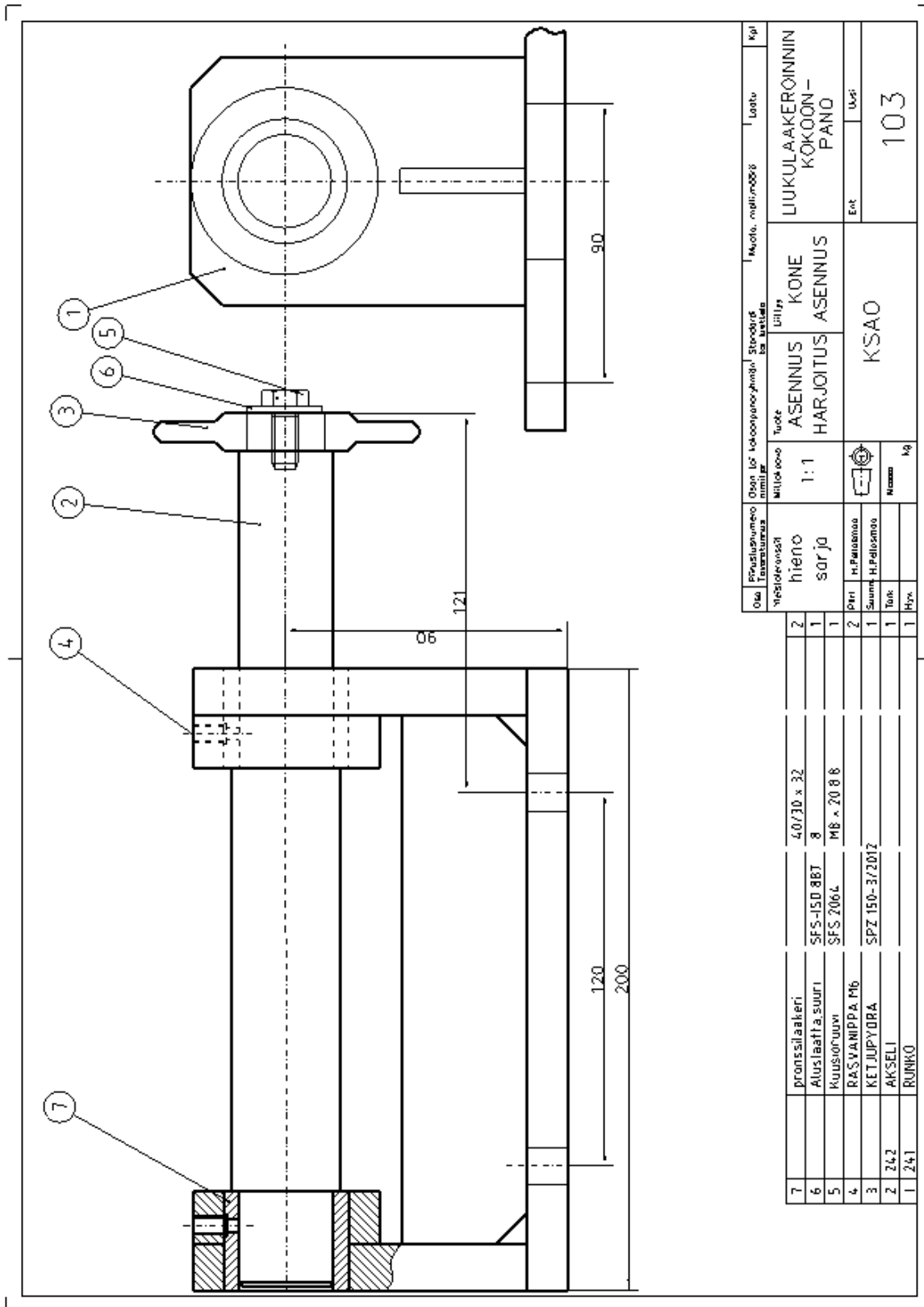
Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli,määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	hieno sarja	Mittakaava 1:1	Tuote kansi	Littyä 2.akseli	koneasennus harjoittelu pukki	
Piirt.	H.Pellosmaa		KSAO		Ent.	Uusi
Suunn.	H.Pellosmaa					
Tark.	Massa					
Hyv.	kg					

Kansi 4, akseli 2

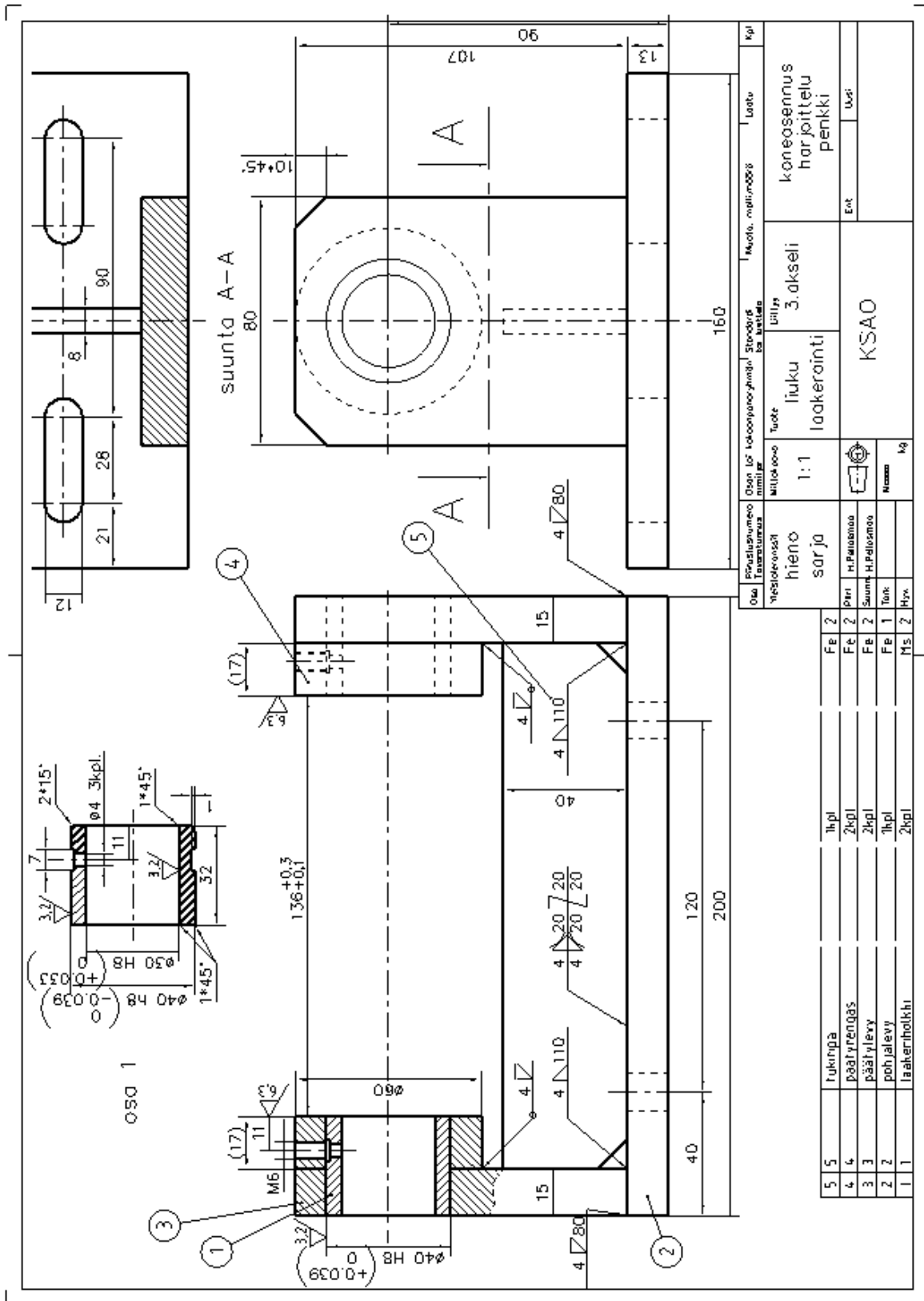


Osa	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokoonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli,määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit		Mittakaava	Tuote	Liittyy	KYTKIN	
		1:2	ASENNUS HARJOITUS	KONE ASENNUS		
Piirt.	H.Pellasmaa		KSAO		Ent.	Uusi
Suunn.	H.Pellasmaa					
Tark.						
Hyv.						
		Massa				
		kg				

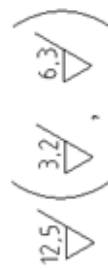
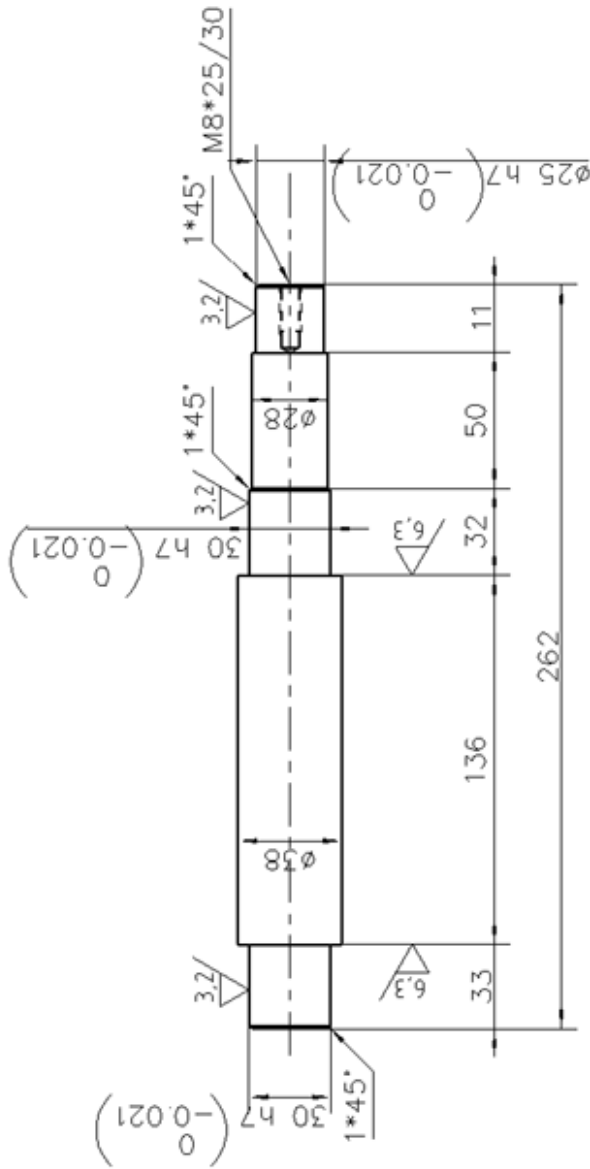
Kuorikytkin, akseli 2



Kokoonpano, akseli 3

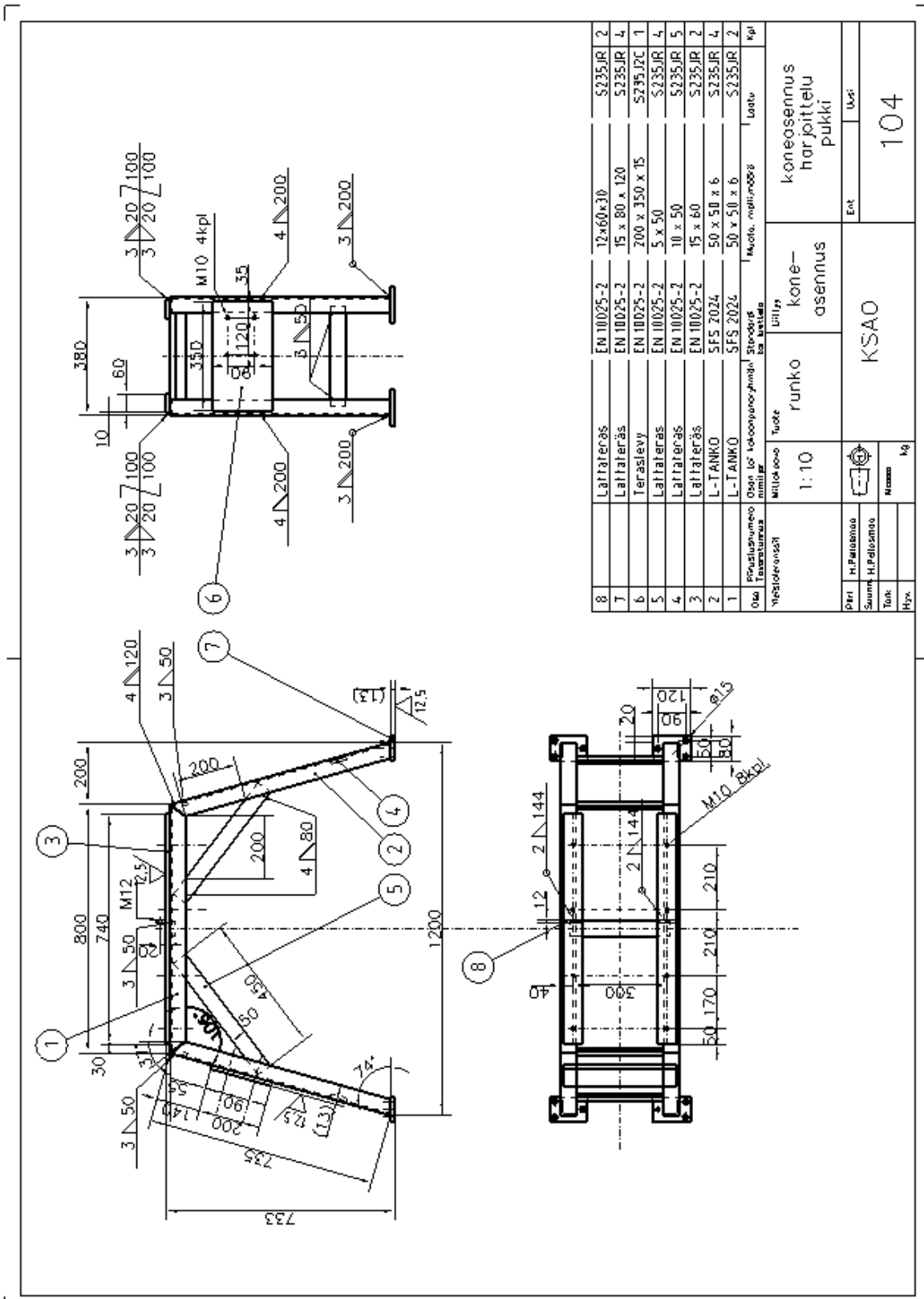


Liukulaakeroinnin runko, akseli 3



Oso	Piirustusnumero Tavaratunnus	Osan tai kokonpanoryhmän nimitys	Standardi tai luettelo	Muoto, malli,määrä	Laatu	Kpl
Yleistoleranssit	Mittakaava	Tuote	Litty	koneasennus harjoittelu pukki		
	1:2	akseli	kone- asennus	Ent.	Uusi	
Plirt.	H.Pellosmoo	KSAO				
Suunn.	H.Pellosmoo					
Tark.	Mosso					
Hyy.	kg					

Akseli 3



Runko, koneenasennusharjoittelupukki