



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

MICAEL KOSKI

# **Mikron menetelmäkehitys ja miehit- tämätön ajo**

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA  
2022

Tekijä(t) Koski, Micael	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2022
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi <b>Mikron menetelmäkehitys ja miehittämätön ajo</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella koneistuskiinnitin Rodex-pyörälle ja kehittää miehittämätöntä ajoa Mikron Mill E 700 U koneelle. Työ tehtiin Luvata Pori Oy:lle.</p> <p>Koneistuskiinnitin suunniteltiin Solidworks- ohjelmistoa apuna käyttäen, jonka jälkeen se koneistettiin Deckel Maho ja Mikron Mill E 700 U jyrsimellä.</p> <p>Miehittämätöntä ajoa ei ollut aikaisemmin kokeiltu Luvatan toimesta. Miehittämättömän ajon kehittäminen aloitettiin koneistamalla aihioita ja merkitsemällä ylös, kuinka monta kappaletta teräpalat kestävät. Teräpalojen kestoa pyrittiin pitkittämään mahdollisimman paljon kokeilemalla eri kierroksia ja syöttönopeuksia.</p> <p>Merkityksellisimmät vaiheet opinnäytetyössä olivat koneistuskiinnittimen suunnittelu ja sen valmistus, sekä optimiarvojen hakeminen miehittämättömään ajoon.</p> <p>Opinnäytetyössä esiteltiin koneistuskiinnittimen suunnittelu- ja valmistustavat sekä työstökeskukset ja niiden työkalut. Myös optimiarvot miehittämättömään ajoon esiteltiin opinnäytetyössä. Työssä esiteltiin myös koneistuskiinnittimen toimivuus.</p>		
Avainsanat koneistuskiinnitin, työstö, suunnittelu, valmistusprosessi, teollisuus, optimointi		

Author(s) Koski, Micael	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2022
	Number of pages 45	Language of publication: finnish
Title of publication <b>Mikron methodological development and unoccupied run</b>		
Degree programme Mechanical Engineering		
<p>The goal of the thesis was to design machining fixture for a Rodex - wheel and to develop an unoccupied run on a Mikron Mill E 700U machine. The work was done for Luvata Pori Oy.</p> <p>The machining fixture was designed using Solidworks software, after which it was machined with Deckel Maho and Mikron Mill E 700 U milling cutter.</p> <p>Unoccupied run had not been attempted by Luvata before. The development of an unoccupied run was started by machining blanks and recording how many blanks can blade pieces withstand. The aim was to prolong the duration of the blades as much as possible by experimenting with different revolutions and feed speeds.</p> <p>The most significant steps in the thesis were the design of the machining fixture and its manufacture, as well as the search for optimum values for unoccupied run.</p> <p>The design and manufacturing methods of the machining fastener as well as the machining centers and their tools were presented in the thesis. Optimal values for unoccupied run are also presented in the thesis. The functionality of the machining fastener was also presented in the work.</p>		
Keywords machining fixture, machining, design, manufacturing process, industry, optimization		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA .....	6
2.1 Luvata Pori Oy .....	6
3 MATERIAALIT .....	7
3.1 Koneistustuskiinnittimen materiaalit .....	7
3.1.1 42CrMo4.....	7
3.1.2 34CrNiMo6.....	7
3.1.3 4CrMn16-4 .....	7
3.2 Miehitämättömän ajon materiaalit .....	8
3.2.1 QRO 90.....	8
4 TUOTESUUNNITTELU .....	9
5 KONEISTUSTEKNIIKAT .....	10
5.1 Jyrsintä .....	11
5.2 Sorvaus.....	13
5.3 Poraus.....	13
5.4 Hionta.....	14
6 MIEHITTÄMÄTÖN AJO .....	15
6.1 Mikron MILL E 700 U.....	15
6.2 Aihiot.....	16
6.3 Työstäminen.....	18
7 TERÄPARAMETRIEN HAKU .....	20
8 KIINNITTIMEN VALMISTUS .....	25
8.1 Suunnittelu .....	25
8.1.1 3D-mallit.....	25
8.1.2 Piirustukset .....	30
8.2 Aihoiden tilaaminen.....	32
8.3 Deckel Maho .....	32
8.4 Työkalujen mitoittaminen .....	33
8.5 Koneistaminen.....	34
9 TULOKSET .....	42
9.1 Miehitämättömän ajon tulokset.....	42
9.2 Koneistustuskiinnittimen toimivuus .....	42
10 YHTEENVETO .....	44
LÄHTEET.....	45

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Luvata Pori Oy:n konepajalle uuteen 5-akseliseen työstökeskukseen koneistuskiinnitin Rodex-pyörälle, sekä kehittää koneen miehittämätöntä ajoa. Koneen elinkaaren aikana ei ollut aiemmin testattu miehittämätöntä ajoa. Työstökeskuksella työskenteli aamu- ja iltavuoro, joten öisin kone seisoivat sammutettuna. Tavoitteena oli saada mahdollisimman suuri hyöty koneesta, jotta siihen kohdistuneet investointikustannukset tulisi nopeammin poistettua.

Kiinnittimen oli tarkoitus toimia kahden erilaisen Rodex- pyörän koneistusjiginä, näissä pyörissä strategiset mitat heittivät kymmenesosamillejä, joten ajatuksena oli löytää optimaalisimmat mitat, jotta välykset kiinnittimessä eivät kasvaisi liian suuriksi. Työstökeskuksen pöydän painoraja on 450 kiloa. Tämä oli myös otettava huomioon suunnitteluvaiheessa.

Rodex-pyöriin koneistettaisiin kyseisessä kiinnittimessä kehä, sekä toiselle sivulle 12kpl kuoppia, toisessa Rodex-pyörässä on vielä toisella puolella sama 12kpl kuoppia, joiden pitää olla täysin samassa linjassa. Kone, johon Rodex-pyörät tulevat, käyttää yhtä pyörää kerrallaan, jolloin se yhdistetään akseleilla kohdistinkuopista kylkeen tuleviin poskilaippoihin. Mikäli kohdistukset eivät ole kohdillaan, tulee väärässä kulmassa vääntöä akseleihin ja tämä hajottaa sen, sekä vaurioittaa pyörää.

## 2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

### 2.1 Luvata Pori Oy

Työn toimeksiantaja Luvata Pori Oy on Porissa sijaitseva, vuonna 1939 perustettu yritys, joka työllistää n. 350 henkilöä. Tämä tekee yrityksestä Porin alueen suurimpia. Yli 90 % 40 000 tonnista tuotantoa menee vientiin. Yrityksen päätuotteena ovat erilaiset kuparituotteet eri yrityksille ympäri maailmaa. Tuotteisiin kuuluu mm. Kupariprofiilit, suprajohteet, ontot johtimet, anodit, putket, metallurgiset komponentit, erilaiset tangot sekä erittäin puhtaat kuparituotteet. Yritys on osa Mitsubishi Materials Corporationia. Luvata Oy:n pääkonttori sijaitsee myös Porissa. (Luvata Porin www-sivut, 2022)

Yrityksen Luvata Pori Oy (0709554–0) liikevaihto oli 223,1 miljoonaa euroa 2021. Liikevaihto laski 0,9 %. Liiketoiminnan voitto oli 6 miljoonaa euroa ja liikevoittoprosentti oli 2,7 %. Yhtiön omavaraisuusaste oli 41 %. (Asiakastieto www-sivut, 2022)

Luvata sijaitsee kupariteollisuuspuistossa, joka valmistui syksyllä 1940. Kupariteollisuuspuiston tehdas perustettiin Suomen taloudellisen puolustusvalmiuden nostamiseksi. Tuotannosta meni kolme neljäsosaa sotatarvikkeisiin, sodan jälkeen tehdas osallistui myös sotakorvauksiin. 1960-luvun alkuvuosina tehdas työllisti 2000 henkeä, jolloin Porin kuparin- ja nikkelin jalostusyksikkö oli Outokummun suurin toimipaikka. 2000-luvulla Outokumpu päätti keskittyä ruostumattomaan teräkseen, ja vuonna 2004 Outokumpu myi Harjavallan kuparisulattonsa ja Porin tehtaisen kuparielektrolyysinsä ruotsalaiselle Boliden AB:lle sekä vuonna 2005 kupariliiketoiminnastaan pääosan ruotsalaiselle pääomasijoitusyhtiö Nordic Capitalille. Yhtiön nimi muutettiin 2006 Luvata Oy:ksi. Luvata Oy myi valssaamoliiketoimintonsa Aurubis AG-konsernille vuonna 2011. Vuonna 2017 Nordic Capital myi Luvatan erikoisliiketoiminnan japanilaiselle Mitsubishi Materials Corporationille. (Kupariteollisuuspuisto www-sivut, 2022)

## 3 MATERIAALIT

### 3.1 Koneistuskiinnittimen materiaalit

#### 3.1.1 42CrMo4

Koneistuskiinnittimen alaosan materiaaliksi valikoitui 42CrMo4. Kyseinen kromi- ja molybdeeniseosteinen nuorrutusteräs soveltuu suurille ja keskikokoisille kappaleille, joilta vaaditaan lujuutta ja sitkeyttä. Materiaalin pääkäyttökohteita on koneenrakennus, akselit, akselitapit, karat, moottoreiden osat, ajoneuvoteollisuus, aseiden osat ja piiput. (STEN:n [www-sivut](#), 2022)

#### 3.1.2 34CrNiMo6

Koneistuskiinnittimen kannen materiaaliksi valikoitui 34CrNiMo6. Tämä nuorrutusteräs omaa hyvät lujuus ja sitkeysominaisuudet myös suurilla läpimitoilla. Kromi-, nikkeli ja molybeeniseoksen myötä sopii koneenrakennukseen, akseleihin ja takeisiin. Sopii myös muovimuottisen keernoiksi sekä muihin lujuutta ja sitkeyttä vaativiin osiin. (STEN:n [www-sivut](#), 2022)

#### 3.1.3 4CrMn16-4

Kohdistustappien materiaalina käytetään 4CrMn16-4 8302 variantti, tunnetaan myös Imacro M nimellä. Tämä teräs on hitsattava, karkaistu ja se omaa hyvän sitkeyden. Kyseinen teräs kuuluu Ovako:n M-teräksiin, joiden konseptin perustana on, että ei-metallisia sulkeumia hallitaan kalsiumkäsittelyllä siten, että minimoidaan työkalun kulumisen ja maksimoidaan lastunhallinta koneistustoiminnassa. (Ovako [www-sivut](#), 2022)

## 3.2 Michittämättömän ajon materiaalit

Luvata käyttää XL-kasettiaihioiden materiaalina QRO 90 työkaluterästä. Tämä teräs on lämmönkesto-ominauksiltaan paras vaihtoehto, kun toisella osastolla, johon nämä aihiot tehdään työkaluiksi, muokataan kuumaa kuparia ison paineen alla.

### 3.2.1 QRO 90

Kyseinen teräs soveltuu hyvin työkaluteräkseksi käyttökohteisiin, joissa työvälineet päästyvät nopeasti alhaisempaan kovuuteen, sillä se omaa erinomaisen lämpöväsymiskestävyyden, sekä päästönkestävyyden. Muita ominaisuuksia on termisen väsymisen kestävyys, erinomainen lämmönjohtavuus, hyvä sitkeys ja venyvyys pitkittäis- ja poikkitaissuunnassa, tasainen lastuttavuus sekä hyvät lämpökäsittelyominaisuudet. Käyttökohteina ovat kuumapuristus, messinkitaonta, painevalun keernat ja messingin painevalu. (Uddeholm [www-sivut](http://www-uddeholm.com), 2022)



## 4 TUOTESUUNNITTELU

Tuotesuunnittelu on ehkä näkyvimpiä osia tuotekehitysprosessista. Suunnittelu tarkoittaa tiedon käsittelemistä ja luomista sellaisen rakenteen löytämiseksi, joka kykenee toteuttamaan asiakkaan tarpeen tuotteen toimintojen avulla. Suunnittelu voidaan käsittää myös prosessiksi, jossa luonnoksen muodossa oleva tieto muuttuu tarpeista, vaatimuksista ja reunaehdoista sellaisen rakenteen kuvaukseksi, joka kykenee toteuttamaan nämä.

Tuotesuunnittelu on osa tuotekehitysprosessia, joka on taas laajempi kokonaisuus, joka kattaa kaiken toiminnan asiakkaan tarpeista aina tuotannon käynnistämiseen. Tuotesuunnittelu on prosessin osa, joka alkaa konseptisuunnitteluvaiheen jälkeen tai sen loppuvaiheessa, jolloin erilaisista luonnoksista voidaan luoda tietokonemallit niiden testaamista ja tuotettavuutta arvioidessa. Päätaavoite tuotesuunnittelulla kuitenkin on luoda valmistukseen tarvittavat dokumentit, joiden avulla tuotanto pystyy valmistamaan oikeat ja yhteensopivat osat sekä kokoonpanot.

Suunniteltava tuote jaetaan usein pienempiin osiin (osakokoonpanoihin), joita suunnitellaan erikseen ja jotka voidaan edelleen jakaa osiin. Suunnitteluprosessi voi olla rekursiivinen, ts. ylemmän tason järjestelmää ei voida toteuttaa ennen kuin sen alapuolella olevat tasot on suunniteltu valmiiksi. Prosessi on myös iteratiivinen siinä mielessä, että kohteisiin, joita on suunniteltu pidemmälle, voidaan vielä palata myöhemmässä vaiheessa. Näitä kohteita voidaan myös joutua muuttamaan tai korjaamaan, jotta ne soveltuisivat muiden kohteiden kanssa.

Yksi tärkeimmistä periaatteista on uudelleen käyttö. Ei kannata suunnitella uusiksi sellaista, jonka joku on jo valmiiksi suunnitellut tai jota voidaan ostaa standardiosana. Tämän vuoksi suunnittelijan on tärkeä opetella käyttämään tiettyjä standardisoituja materiaaleja, piirteitä sekä osia sekä etsimään tietokannoista valmiiksi suunniteltuja osia ja osakokonaisuuksia. (Hietikko E, 2010)

## 5 KONEISTUSTEKNIIKAT

Työstöllä tarkoitetaan menetelmää, jossa tuoteaihiota muokataan, tavallisimmin poistamalla materiaalia ja jonka tavoitteena on antaa kappaleelle haluttu muoto, mitta ja pinnankarheus. Jotta edellä mainitut asiat tapahtuisivat, on kappaleesta pystyttävä hallitusti poistamaan erittäin pieniä määriä ainetta. Tähän poistoon käytetään työstömenetelmiä ja työstökoneita, koneistusta. Lastuavalla työstöllä on keskeinen asema, sillä se takaa lähes rajoittamattoman toiminta-alueen ja suuren tarkkuuden. Erityisesti terällä lastuavat menetelmät ovat joustavuutensa ja korkean aineenpoistonopeutensa takia merkittäviä menetelmiä sekä yksittäis- että piensarjatuotannossa. (Aaltonen K, 1997)

Nykyaikaiset työstökoneet ovat kehittyneet monipuolisiksi, ja niillä voidaan tehdä monen perinteisen työstökoneen työstövaiheet yhdellä kiinnitystavalla. Nykyään sama kone voi sorvata, porata ja jyrsiä kappaleen tarkasti mitoilleen valmiiksi tuotteeksi. Akselit ja pyörähdyskappaleet valmistetaan sorvaamalla, kun taas tasomaiset pinnat jyrsimällä. Liitoksia varten tarvitaan reikiä, joita saadaan poraamalla. Lastuavassa työstössä lastuaminen tapahtuu kolmen liikkeen avulla. Nämä ovat lastuamisliike, asetusliike ja syöttöliike. (Heinonen M, 2016)

Numeerinen ohjaus (NC) on työstökoneen käyttöä koodattujen käskyjen sarjoilla, jotka koostuvat numeroista, aakkosista ja symboleista, joita koneen ohjausyksikkö (MCU) ymmärtää. Nämä käskyt muuttuvat sähköisiksi virtapulsseiksi, joita koneen moottorit ja ohjaimet noudattavat työstääkseen työkappaletta. Numerot, kirjaimet ja symbolit ovat koodattuja ohjeita, jotka viittaavat tiettyihin etäisyyksiin, paikkoihin toimintoihin tai liikkeisiin, joita työstökone ymmärtää kappaletta työstettäessä.

Varhaiset työstökoneet suunniteltiin niin, että koneen käyttäjä seiso i koneen edessä käyttäessään koneen ohjaimia. Tämä rakenne ei ole enää tarpeen, koska CNC-koneissa käyttäjä ei enää ohjaa työstökoneen liikkeitä. Perinteisillä työstökoneilla noin 20 % ajasta kuluu itse materiaalin poistamiseen. Elektronisten ohjainten lisäämisen myötä todellinen materiaalinpoistoon käytetty aika on noussut jopa 80 % prosenttiin. Numeerinen ohjaus on myös vähentänyt aikaa, joka tarvitaan työkalun tuomiseen kuhunkin työasentoon. (Krar S, 2001)

Ohjelmointi on työpiirustusten muuttamista NC-työstökoneen ymmärtämään koodikieliseen muotoon. Ohjelmointitavat voidaan jaotella kolmeen pääryhmään: käsin ohjelmointiin, ohjelmointiin vuorovaikutteisella ohjauksella ja tietokoneavusteiseen ohjelmointiin.

Käsin ohjelmointi on vanhin tapa ohjelmoida. Siinä ohjelmointi suoritetaan suoraan sellaisessa muodossa, jota ohjainlaite pystyy lukemaan, työstökoneen koodikielellä. Ohjelmoija laskee lastuamisarvot, työkalun liikkeen radan, aputoiminnot jne. ja luo konekäskyjä sisältävän ohjelman. Käsin ohjelmoitu ohjelma on usein lyhin mahdollinen, sillä käsin ohjelmointi on hidasta ja mutkikkaita kappaleita ohjelmoitaessa joudutaan tekemään paljon mutkikkaita laskutoimenpiteitä. Tämän seurauksena virhemahdollisuudet kasvavat suuriksi ja ohjelman tarkistaminen on työlästä.

Vuorovaikutteisen ohjauksen avulla tehdään ohjelma työstökoneen äärellä suoraan työpiirustuksesta. Ohjelman teossa käytetään hyväksi ohjauksen älykkyyttä, jolloin laskutoimitukset ja rutiinitoimenpiteet suorittaa ohjauksen mikrotietokone. Vuorovaikutteisen ohjauksen toimintonäppäimillä käyttäjä vastaa ohjauksen esittämiin kysymyksiin. Vastausten perusteella ohjaus luo ohjelman, jota NC-työstökone pystyy ymmärtämään.

Tietokoneavusteisessa ohjelmoinnissa mahdollisimman suuri osa rutiinityöstä on siirretty tietokoneen hoidettavaksi. Ohjelma luodaan tarkoitusta varten kehitetyllä tietokonekielellä, jonka jälkeen ohjelma syötetään tietokoneeseen. Tämän jälkeen tietokone laskee työstöradat ja kääntää ohjelman työstökoneen ymmärtämään muotoon. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin edut tulevat esiin, kun työstetään mutkikkaita kappaleita sekä osaperheitä muodostavia kappaleita. (Vesamäki H, 2014)

## 5.1 Jyrsintä

Jyrsintä on sorvauksen ohella toinen perinteinen työstömenetelmä, jossa työstö tapahtuu pyörivällä työkalulla. Yleisimmät jyrsintätavat ovat lieriö- ja otsajyrsintä. Lieriöjyrsinnässä lastutaan lieriömäisen työkalun vaippapinnalla. Otsajyrsinnässä terän pyörimisakseli on kohtisuorassa työkalua vastaan.

Suorien tasopintojen lieriöjyrsintä voidaan tehdä sekä myötä- että vastajyrsintänä. Myötäjyrsinnässä terän lastuamisliike on samansuuntainen syöttöliikkeen kanssa. Myötäjyrsinnässä päälastuamisvoima painaa kappaletta pöytää vasten ja irtoava lastu

on aluksi poikki pinnaltaan pieni, ja kasvaa suuremmaksi lastuamisen edetessä. Vastajyrsinnässä lastuamisliike on vastakkainen syöttöliikkeeseen verrattuna ja päälastuamisvoima pyrkii nostamaan kappaleen irti jyrsinkoneen pöydästä. Lastu alkaa paksuimmillaan ja ohenee lastuamisen edetessä kohti kappaleen pintaa.

Perinteisimpiä jyrsintätyökaluja ovat pikateräksiset lieriö-, tappi- ja muotojyrsimet. Kääntöteräjyrsimet ovat yleisimpiä, joista tyypillisimpiä ovat otsajyrsimet, tappijyrsimet, siilijyrsimet, muotojyrsimet sekä pallopäiset jyrsimet.

Kääntöpaloissa yleisin materiaali on kovametalli. Katkolastuiseen jyrsintään on kehitetty teräpalat, jotka kestävät iskumaista räsitusta ja vaihtelevaa lämpökuormitusta. Erikoistarkoituksiin, kuten suurnopeusjyrsintään on saatavana kovametallisia jyrsimiä, jotka soveltuvat erityisesti kapeitten urien koneistamiseen. Kuutiollinen boorinitridi (CBN) on terämateriaali, joka kestää korkeita lämpötiloja ja soveltuu erinomaisesti suurnopeusjyrsintään. (Aaltonen K, 1997)

Jyrsinkoneella valmistetaan tasomaisia kappaleita, mutta se soveltuu myös muiden kappaleiden valmistamiseen. Jyrsimellä voidaan työstää erilaisia uria, olakkeita ja hammaspyöriä. Jyrsinkoneen vahvuuksia ovat suurien ja tarkkamittaisten reikien suurentaminen avartamalla sekä tarkat poraustyöt. (Heinonen M, 2016)

Teollisuudessa käytetään monia erilaisia jyrsimiä eri käyttötarkoituksiin. Ne voidaan ryhmitellä konetyypittain: polvimaiset jyrsinkoneet, joihin sisältyy tasojyrsinkoneet, yleisjyrsinkoneet sekä pystyjyrsinkoneet. Seuraavassa ryhmässä ovat runkomalliset jyrsinkoneet, joihin kuuluvat tasojyrsinkoneet, yleisjyrsinkoneet, pystyjyrsinkoneet ja pitkäjyrsinkoneet. Viimeisessä ryhmässä ovat erikoisjyrsinkoneet, joihin lukeutuu työkalujyrsinkoneet, kopiojyrsinkoneet, monitoimijyrsinkoneet, NC- jyrsinkoneet, NC-työstökeskukset, vierintäjyrsinkoneet ja kiilaurajyrsinkoneet.

Näistä ryhmistä yleisimpiä pienessä ja keskisuudessa luokassa ovat polvimalliset jyrsinkoneet. Runkomalliset jyrsinkoneet ovat suurempia ja siitä johtuen erittäin tukevia. Erikoisjyrsinkoneet ovat yleensä tarkoitettu vain tiettyjen työkalujen valmistukseen tai ne ovat erittäin monipuolisia ja automaattisia työstökoneita, jotka ovat tarkoitettu erikoistöiden suorittamiseen. (Maaranen K, 2004)

## 5.2 Sorvaus

Sorvausta käytetään tarkkamittaisten pyörähdyskappaleiden valmistamiseen. Useissa koneissa tarvitaan tarkkamittaisia ja heitottomia akseleita sekä muita osia. Näiden osien nopea ja taloudellinen valmistustapa on sorvaus. Tyypillisimpiä sorvattuja kappaleita ovat olakeakselit, holkit ja laipat. Niissä on kartioita, kierteitä, muotoja, tarkkoja sovitteita ja erilaisia vaatimuksia pinnanlaadun suhteen. Työstettävän kappaleen kiinnitys tapahtuu sorvin istukkaan, joka saadaan pyörivään liikkeeseen. (Heinonen M, 2016)

Sorvaaminen on yleisin lastuava työstömenetelmä. Noin 30 % lastuavista työstökoneista on sorveja, joista suurin osa on nykyisin numeerisesti ohjattuja. Aikaisemmin puhuttaessa perinteisestä sorvista tarkoitettiin käsikäyttöistä kärkeisorvia, joka pitkään oli konepajojen tärkein työstökone. Nykyisin perussorvilla tarkoitetaan vinojohteista monipaikkaisella revolverilla ja pyörivillä työkaluilla varustettua monitoimisorvia. Monitoimisorvilla koneistetaan aihioista kokoonpanovalmiita osia. Lieriö-, taso- ja sisäpuolisen sorvauksen ohella monitoimisorveilla voidaan koneistaa kappaleisiin kiihlaurat, tasojyrsinnät sekä akselin ja säteensuuntaiset reiät. Tuotannon tehostamisen vaatimukset ovat pakottaneet yrityksiä panostamaan koneisiin, joilla pystyy työstämään monimutkaisia muotoja, ja jopa käyttämään miehittämätöntä ajoa, jolloin sorveja voitaisiin käyttää tuotantoautomaatiojärjestelmän osana. (Aaltonen K, 1997)

Teollisuudessa käytetään monenlaisia sorveja, joitten mallit ja käyttötarkoitukset vaihtelevat. Sorvityypit voidaan luokitella seuraavasti: kärkeisorvit, revolverisorvit, taso- sorvit, karusellisorvit, pitkäsorvit, automaatti- ja puoliautomaattisorvit, NC- sorvit ja erikoissorvit. Näistä yleisin manuaalisesti ohjattu sorvityyppi konepajoissa on kärkeisorvi. (Maaranen K, 2004)

## 5.3 Poraus

Eri koneet ja laitteet kootaan osista, jotka kiinnitetään toisiinsa erilaisilla liitoksilla. Useat liitokset vaativat, että osissa on sopivat reiät liittämistä varten. Reikiä voidaan valmistaa eri menetelmillä, joista yleisempiä ovat leikkaus, polttoleikkaus ja poraus.

Poraamalla valmistetaan reikiä eri materiaaleihin, joten poria on oltava eri käyttötarkoituksiin. Eri poranterien on pystyttävä lastuamaan kovia materiaaleja. Toisten poranterien on taas oltava avaria lastutilaltaan pehmeää materiaalia varten. (Heinonen M, 2016)

Poraamisessa käytetään lastuavana työkaluna tavallisimmin kierukkaporaa, joka työstää pyöreän, lieriömäisen reiän. Kierukkaporalla on kaksi erilaista liikettä, pyörimisliike sekä suoraviivainen syöttöliike, jonka yhteisvaikutuksesta syntyy reikä. (Maaranen K, 2004)

Poraamalla työstetään reikiä työkappaleisiin. Reikiä koneistetaan perinteisten porakoneiden ohella myös sorveissa, koneistuskeskuksissa sekä avaruskoneissa. Mikäli reikiä työstetään manuaalisesti, porattavien reikien keskipiste täytyy piirrottaa ja merkitä pistepuikolla. Tällöin sarjatuotannossa käytetään poraohjaimia.

NC-ohjatuissa koneissa tätä ongelmaa ei ole, sillä ohjausjärjestelmän paikoitustarkkuus on 0,001 mm, joten reiät saadaan tarkasti haluttuun kohtaan. Tätä edesauttaa myös tukevat ja heitottomat kiinnitykset NC-koneiden karoissa, joten lieriömäiset ja suorat reiät ovat taattuina.

20 % kaikesta lastuavasta työstöstä on porausta. Suurin osa poratuista rei'istä on vaipareikiä, joilla ei ole erityisiä toleranssivaatimuksia. Valtaosa rei'istä (70 %) on halkaisijaltaan hyvin pieniä, alle 25 mm (Aaltonen K, 1997)

#### 5.4 Hionta

Hionta poikkeaa terällä lastuavista menetelmistä. Hionnan lastuamismenetelmä perustuu hiomarakeeseen, ja hionnassa terän muoto on epämääräinen. Tämä työstömenetelmä on vasta silloin täysin hallinnassa, kun sen perusteena oleva teoria on täysin tunnettu. Lastuamisesta epämääräisen muotoisella terällä seuraa menetelmän perusyhteyksien tutkimukselle suuria vaikeuksia. Työkalun rakenne on todella monimutkainen ja sen lastuavia teriä ei pystytä määrittelemään. Työstön aikana suuri joukko hiomaraakeita lastuaa työkappaletta samanaikaisesti ja kokonaislastuvirta muodostuu lähes dif-

ferentiaalisten partikkeleiden summasta. Edellä mainituista asioista johtuen menetelmä ei ole yhtä syvällisesti tunnettu terällä lastuavissa menetelmissä. Tämä taas on aiheuttanut sen, ettei hiovien menetelmien tekniikka ole kehittynyt samaa vauhtia terällä lastuavien menetelmien kanssa. Hionta kuitenkin näyttelee tärkeää roolia konepajatuotannossa kappaleiden valmistuksessa, joiden tarkkuus ja pinnankarheusvaatimukset edellyttävät hienotyöstöä. (Aaltonen K, 1997)

Hionnan käyttöalueet voidaan ryhmitellä seuraavasti: Koneistettujen ja karkaistujen koneenosien mittatarkkuuden ja pinnanlaadun parantaminen, lastuavien ja leikkaavien työkalujen teroitushionta, purseidenpoistohionta ja terävien särmien poisto koneistetuista kappaleista, levy- ja teräsrakenteiden sekä valukappaleiden rouhinta-, sovitus- ja puhdistushionta. (Maaranen K, 2004)

## 6 MIEHITTÄMÄTÖN AJO

### 6.1 Mikron MILL E 700 U

Mikronin 5-akselinen erittäin laajalla kääntöpöydän liikealueella varustettu kone (Kuva 1.). Ohjauksena tässä koneessa käytetään Heidenhain TNC 640 ohjelmaa. Kyseisen konemallin pöytä on suoravetomoottoreilla. Erikoisuutena tässä konetyypissä on epäsymmetrinen poikkiliike, jolloin todellinen ulottuvuus on liikealuetta pidempi. Koneeseen on Luvatan toimesta tilattu lisävarusteena 20k/rpm StepTek kara, jolloin pyörimisnopeus on todella suuri. Liikealue koneella on 700 x 600 x 500 mm / pöytä - 65/+120/nx360° (Tampark www-sivut, 2022)



Kuva 1. Mikron-työstökeskus. (Micael Koski 2022.)

## 6.2 Aihiot

Aihiot (Kuva 2.) ovat QRO90 työkaluterästä, joiden mitat ovat 153x63,5x272mm. Aihiot tilattiin Uddeholm:ilta. Aihiota tilattiin opinnäytetyötä varten yhteensä 20 kappaletta, 10 kappaleen erissä.



Kuva 2. XL-kasettiaihiot. (Micael Koski 2022.)



Aihoiden kiinnitys toteutetaan Lang Makro Grip- ruuvipuristimen tapaisilla kiinnittimillä (Kuva 3.). Kiinnittimien leuat ovat pientä sahalaitaa, ja niiden korkeus on vain 3 mm.



Kuva 3. Lang Makro-Grip koneistuskiinnitin. (Micael Koski 2022.)

Aihion pintaan puristetaan jäljet, joihin leuat voivat asettua Langin omalla puristimella (Kuva 4.). Tämä takaa hyvän pitävyyden pienellä puristuspinta-alalla, joka taas antaa hyvän ulottuvuuden kappaleeseen.



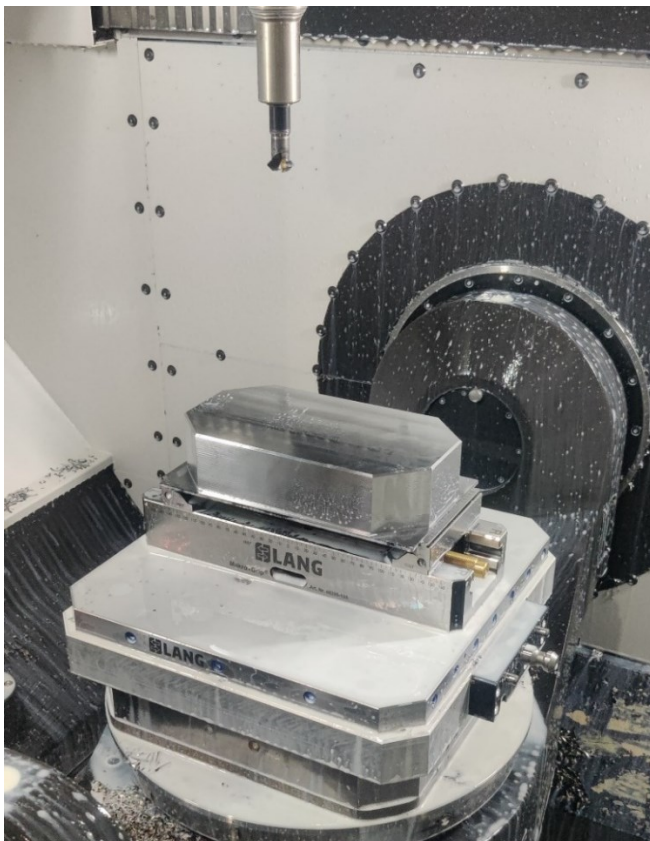
Kuva 4. XL-kasettiaihio Lang hydraulipuristimessa. (Micael Koski 2022.)

### 6.3 Työstäminen

Aihion työstössä on 3 eri vaihetta. Ensiksi koneistetaan pinnasta 3 mm pois, jotta saadaan kokonaan koneistettu, puhdas pinta. Tämän jälkeen jyrsitään sivut sekä kulmat (Kuva 5.). Kyseinen vaihe on kaikista pisin. Lopuksi kulmiin koneistetaan viisteet, jotta terävät kulmat saadaan poistettua.



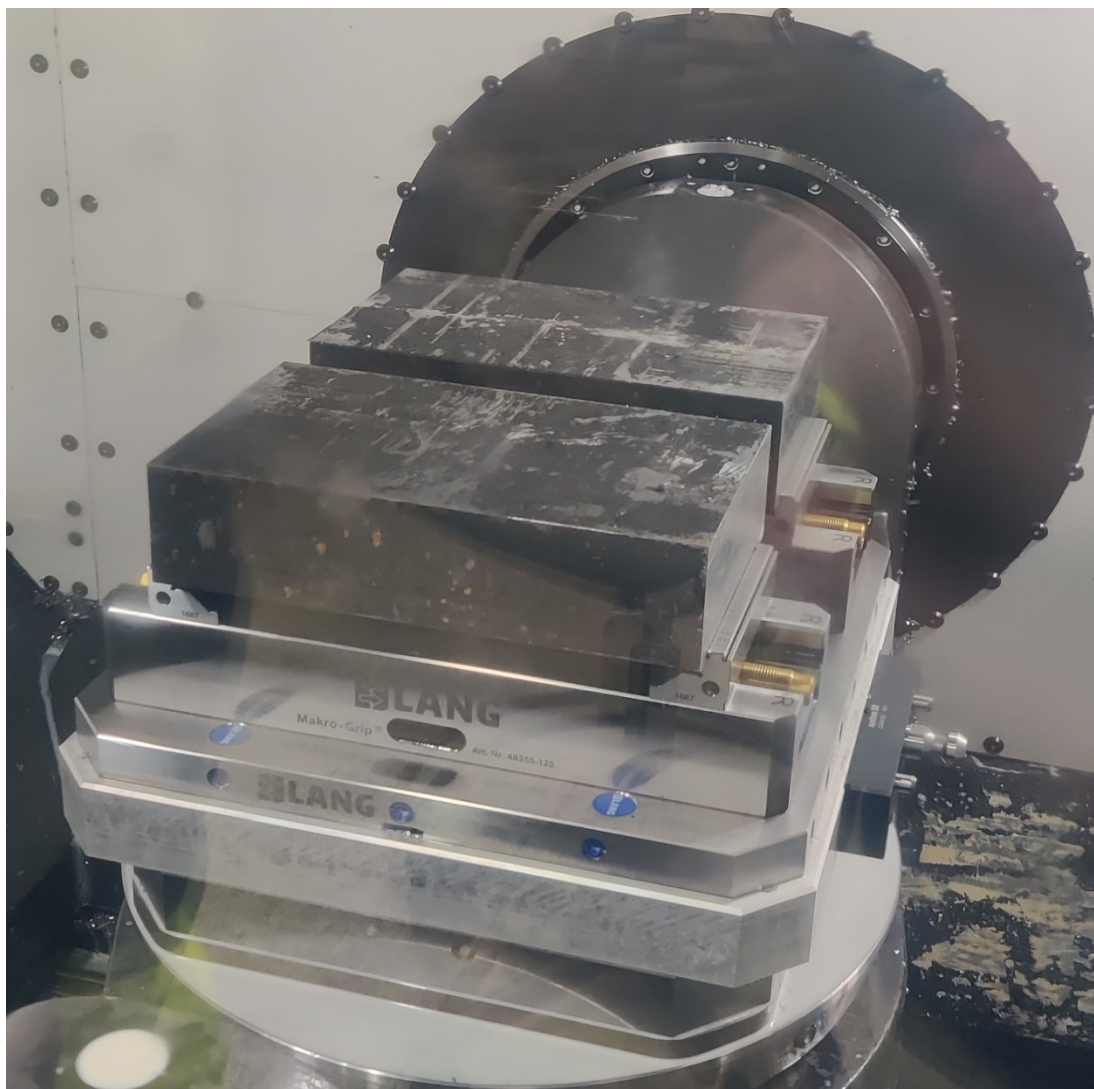
Kuva 5. XL-kasetin jyräntävaihe. (Micael Koski 2022.)



Kuva 6. Valmis XL-kasettiaiho. (Micael Koski 2022.)

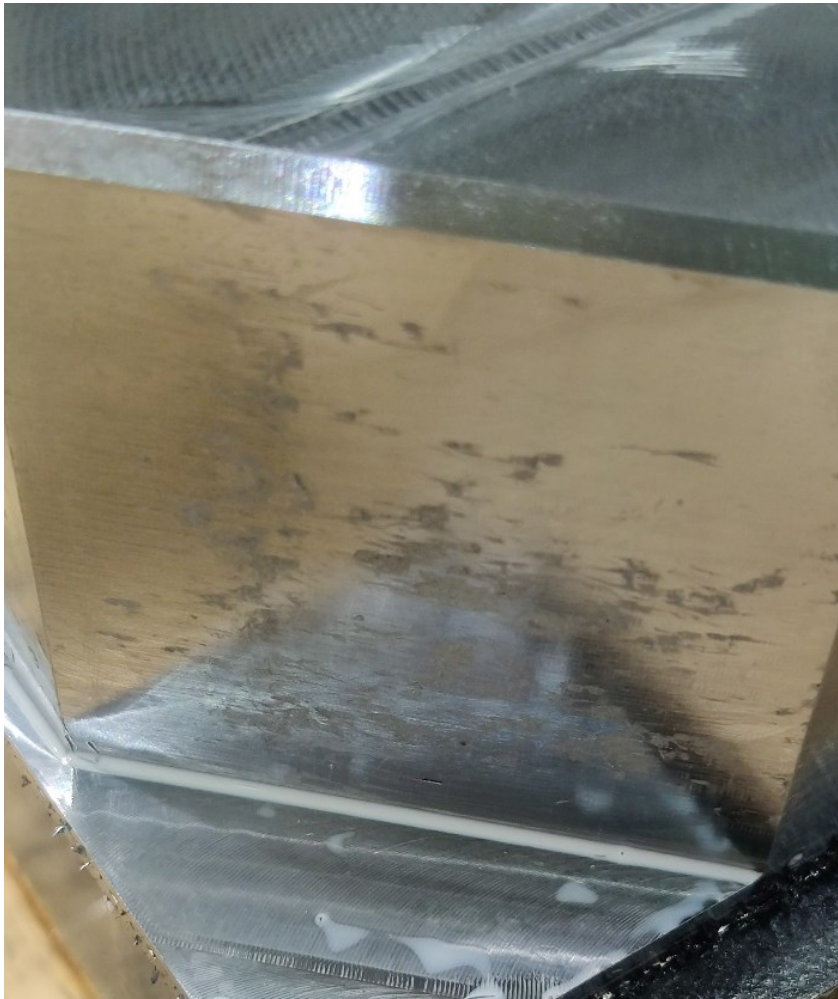
## 7 TERÄPARAMETRIEN HAKU

Miehittämätöntä ajoa varten täytyi hakea optimityöstöarvot, jolla voidaan turvallisesti jättää kone työstämään yön ajaksi. Koneistajilla oli pitkä kokemus kyseisen materiaalin työstämisestä, joten heillä oli suuripiirteinen käsitys, mitkä arvot olisivat kaikista parhaimmat. Ensiksi koneistaja teki ohjelman MasterCam:illa, josta näki suuntaa antavan ajan. Ensimmäinen kappale koneistettiin 63 mm otsajyrsimellä, jolloin ohjelma kesti 58 minuuttia. Tämän jälkeen huomattiin, että mikäli käytetään 32 mm otsajyrsintä, voidaan aihioita laittaa yhdelle palettipöydälle 2 kappaletta (Kuva 7.). 32 mm otsajyrsimen haasteena on teräpalojen kesto.



Kuva 7. Tuplakiinnitys XL-kasettiaihiolle. (Micael Koski 2022.)

Ensiksi kokeiltiin Mitsubishin AOMT123608PEER-M teräspaloja, joiden materiaali on pinnoitettu karbidi. Näiden kestävyys oli maksimissaan 3 kappaleen työstön verran. Jo ensimmäisen aihion työstön jälkeen koneistuspinnan laatu kärsi nurkista (Kuva 8.).



Kuva 8. XL-kasettiaihion pinnanlaatu Mitsubishin teräspaloilla 1. erässä aihioista. (Micael Koski 2022.)

Syöttö	Kierrokset	Aika	Kesto (kpl)
500	1400	1h 15min	3
430	1200	1h 30min	3
670	1492	-	1

Käytössä oli 2 palettipöytää, joten tavoitteena oli 4 aihion koneistus yön aikana. Mitsubishin paloilla ei kyseiseen tavoitteeseen päästy. Paras tulos saatiin ensimmäisillä testatuilla arvoilla, kun syöttöä oli 500 ja kierroksia 1400. Huonoin tulos saatiin, kun syöttöä oli 670 ja kierroksia 1492, tällöin teräspalat hajosivat jo ensimmäisen kappaleen jälkeen nurkista (Kuva 9.).

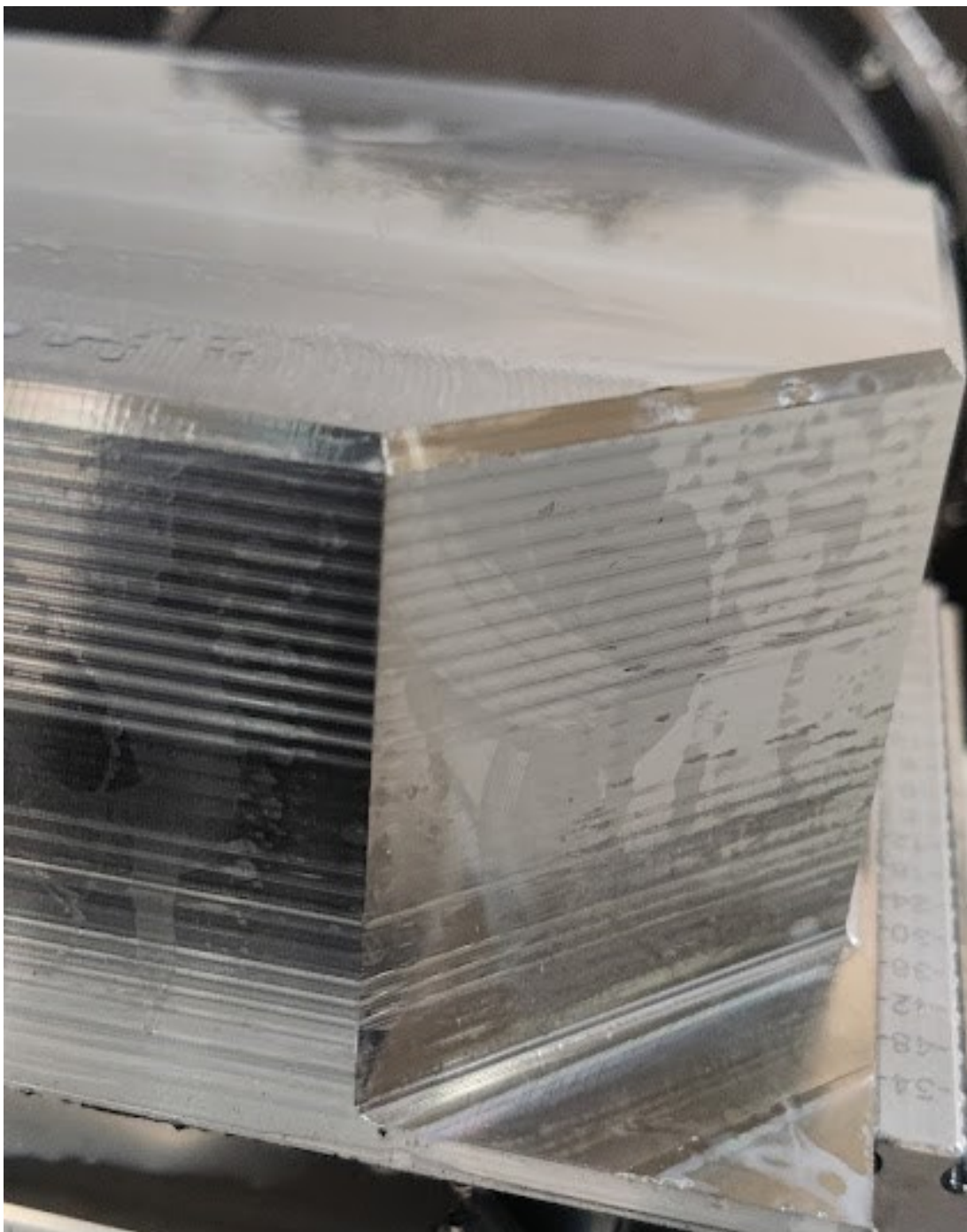


Kuva 9. Hajonnut Mitsubishi teräpala. (Micael Koski 2022.)

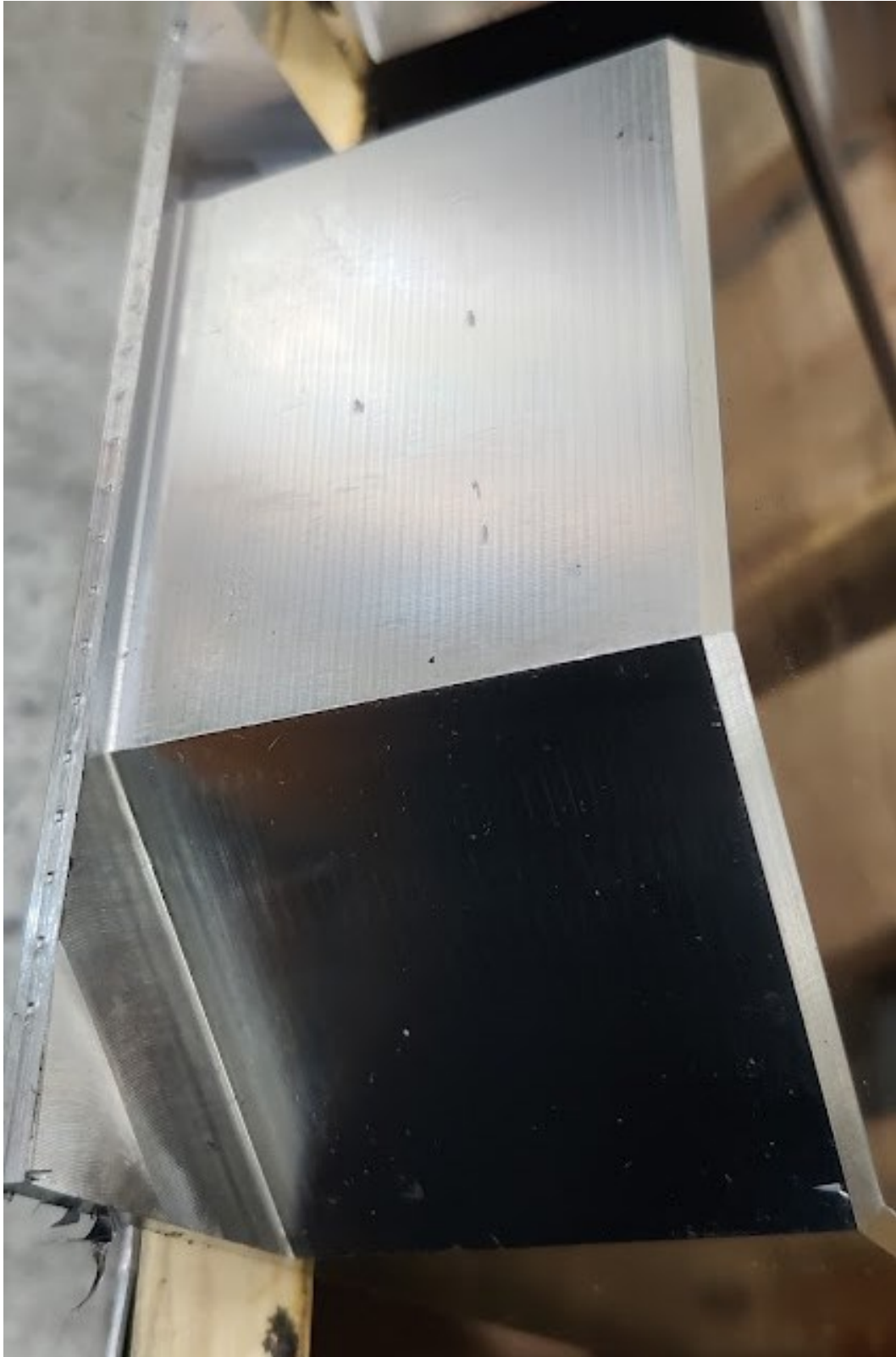
Mitsubishin palojen huonon kestävyuden vuoksi siirryttiin Sandvik CoroMill 390 teräpaloihin, koska ne olivat koneistajan mukaan osoittautuneet kestävämmiksi. Jo kahden kappaleen ajon jälkeen palojen kuluneisuus oli pienempää verrattuna Mitsubishin paloihin, mutta Sandvikin palatkaan eivät kestäneet kolmea kappaletta enempää. Sandvikin teräpaloille optimaalisimmat työstöarvot olivat samat mitä Mitsubishin, eli 1400 kierrosta ja syöttöä 500, joka on 140 m/min.

Tämän jälkeen saapui toinen 10 kappaleen erä aihioita, jonka jälkeen kokeiltiin työstää ensimmäiseksi osa kulmista pois Mitsubishin paloilla, ja sen jälkeen ympäri asti Sandvikin paloilla. Tämäkään tapa ei tuottanut tulosta, sillä Mitsubishin teräpaloista hajosi uudelleen kulma kolmannen kappaleen kohdalla. Myös Sandvikin paloissa huomattiin suurempaa kulumaa, josta voidaan päätellä aihoiden laadussa olevan eroja erien vä-

lillä. Jälkimmäisen erän aihoiden koneistuksessa Mitsubishiin palat hajosivat jo ensimmäisen kappaleen aikana, mutta Sandvik palat kestivät 2 kappaletta turvallisesti. Sandvikin palojen jäljiltä jäi myös parempi pinnanlaatu (Kuva 11.).



Kuva 10. Mitsubishiin terän jälkeinen pinnan laatu aihoiden 2. erässä. (Micael Koski 2022.)



Kuva 11. Pinnanlaatu Sandvik -teräspalojen jälkeen. (Micael Koski 2022.)



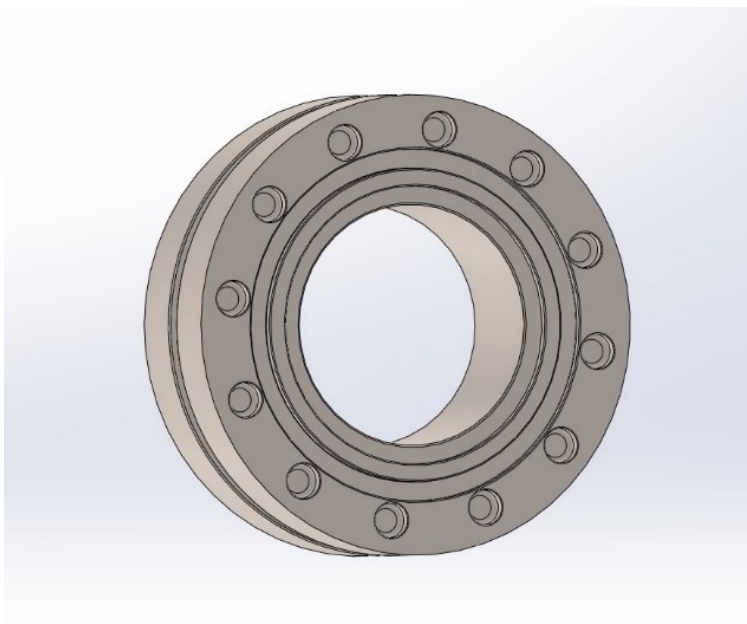
## 8 KIINNITTIMEN VALMISTUS

### 8.1 Suunnittelu

Koneistuskiinnittimen suunnittelu lähti käyntiin työntekijöiden haastattelulla ja dokumentoimalla heidän ideansa. Seuraavaksi mitattiin palettipyödyän koko ja kerättiin tarvittavat piirustukset Rodex-pyörästä. Suunnitteluun käytettiin Solidworks 3D-mallinnus ohjelmaa, jolla saatiin luotua tarvittavat mallit, sekä luotua piirustukset mallien pohjalta.

#### 8.1.1 3D-mallit

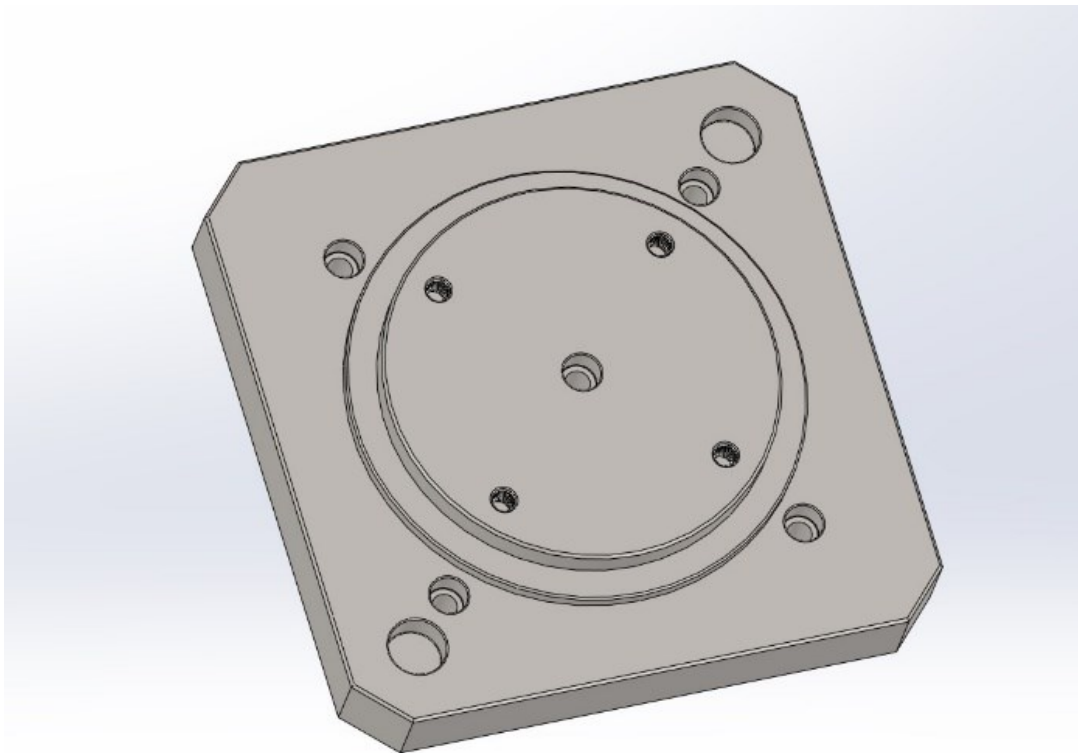
Ensimmäiseksi luotiin raaka luonnos alaosasta, ainoastaan palettipyödyän mitat olivat paikoillaan. Seuraavaksi luotiin 3D-malli Rodex-pyörästä (Kuva 12.), jotta kokoonpanossa nähtäisiin, miten pyörä asettuu koneistuskiinnittimeen.



Kuva 12. 3D-mallinnettu Rodex-pyörä. (Micael Koski 2022.)

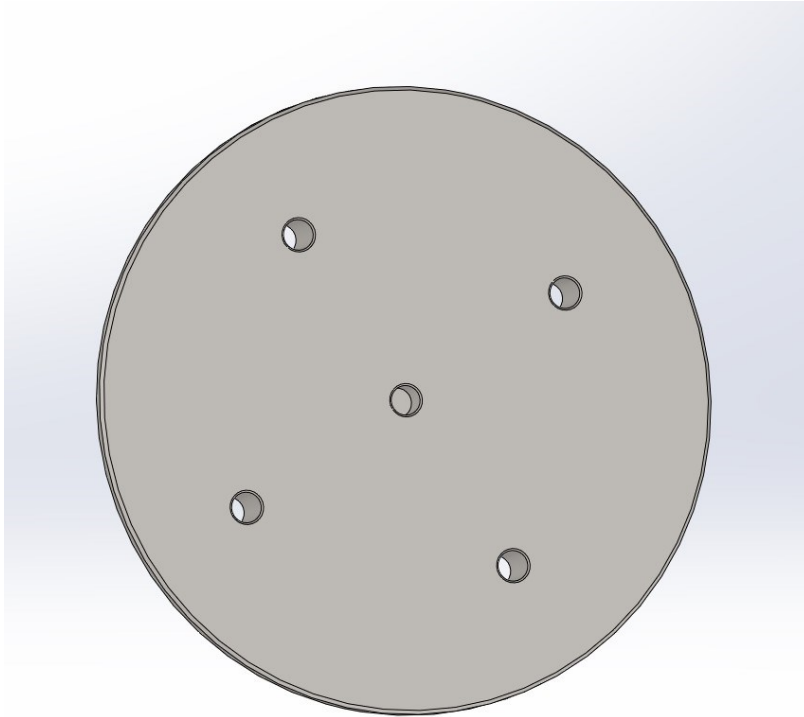
Rodex-pyörässä sisimmäinen ura reiästä ulospäin näyttelee tärkeintä kohdistuspaikkaa, sillä se on tarkin mitta toleransseiltaan. Tätä uraa hyväksikäyttämällä saadaan kohdistettua Rodex-pyörä kiinnittimen keskelle. Ura on 10 mm syvä, joten se itsessään

ei riitä pitämään pyörää paikallaan kiinnittimessä, sillä koneistusvaiheessa työstökeskuksen pöytä kallistuu  $90^\circ$ , jotta kehää voidaan työstää. Tämän takia kiinnittimeen tuli lisäksi 20 mm korkea kohdistus Rodex-pyörän reikään (Kuva 13.). Alaosaan tuli 4 kappaletta kierteitä M16 kierretangoille, jolla saadaan puristettua Rodex-pyörä tukevasti kantta ja alaosaan vasten.

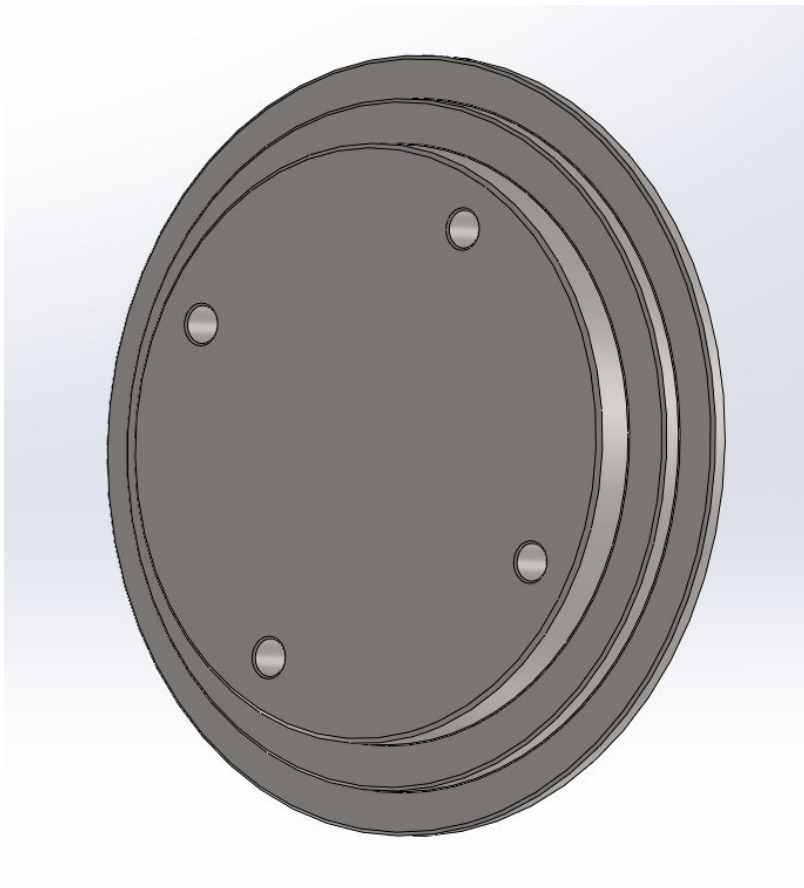


Kuva 13. 3D-mallinnettu alaosa. (Micael Koski 2022.)

Kannessa käytetään hyväksi samaa 10 mm uraa sekä keskireikää, johon tulee sama 20 mm kohdistus. Kannelle tuli painoa 17 kiloa, mikä on koneistaja huomioon ottaen hyvä, jotta työergonomia säilyy. Kanteen tuli vielä kierre nostolenkille, jonka avulla se voitaisiin asettaa paikoilleen turvallisesti (Kuva 14.).

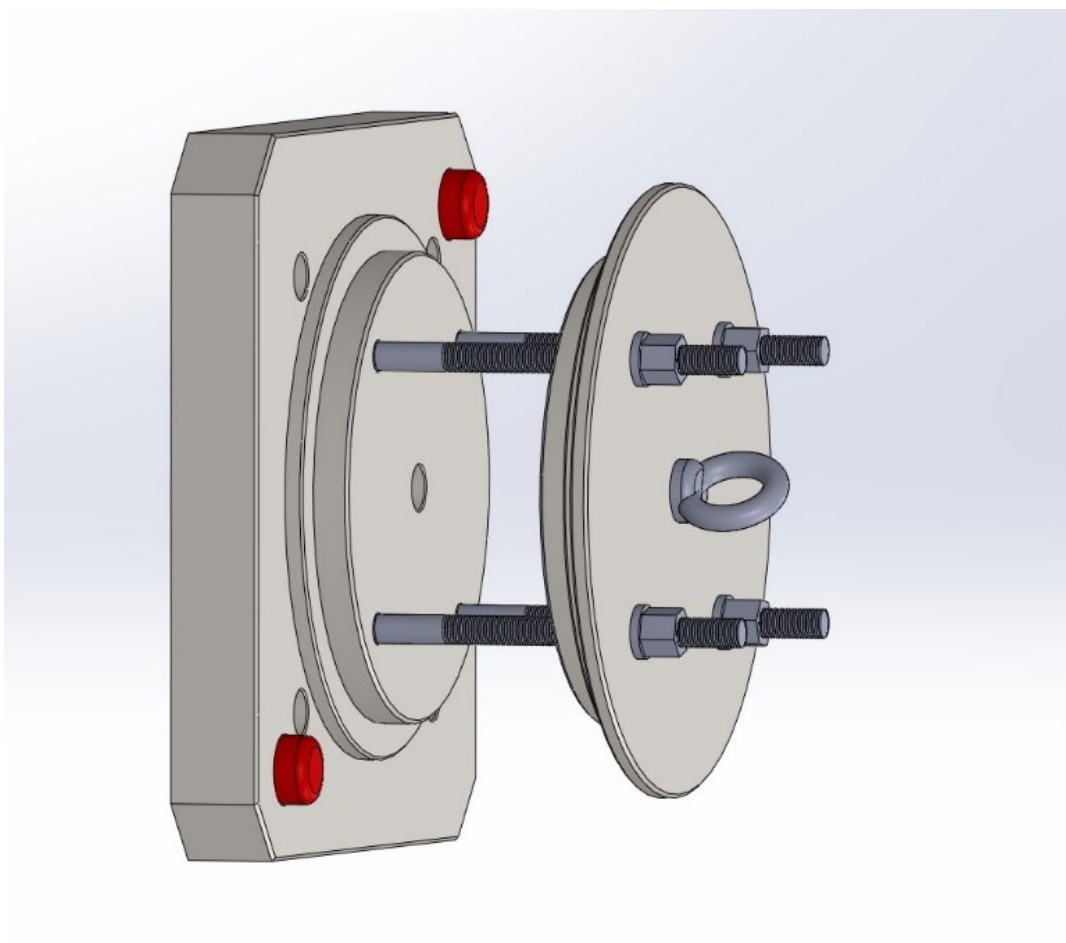


Kuva 14. 3D-mallinnetun kannen yläpuoli. (Micael Koski 2022.)

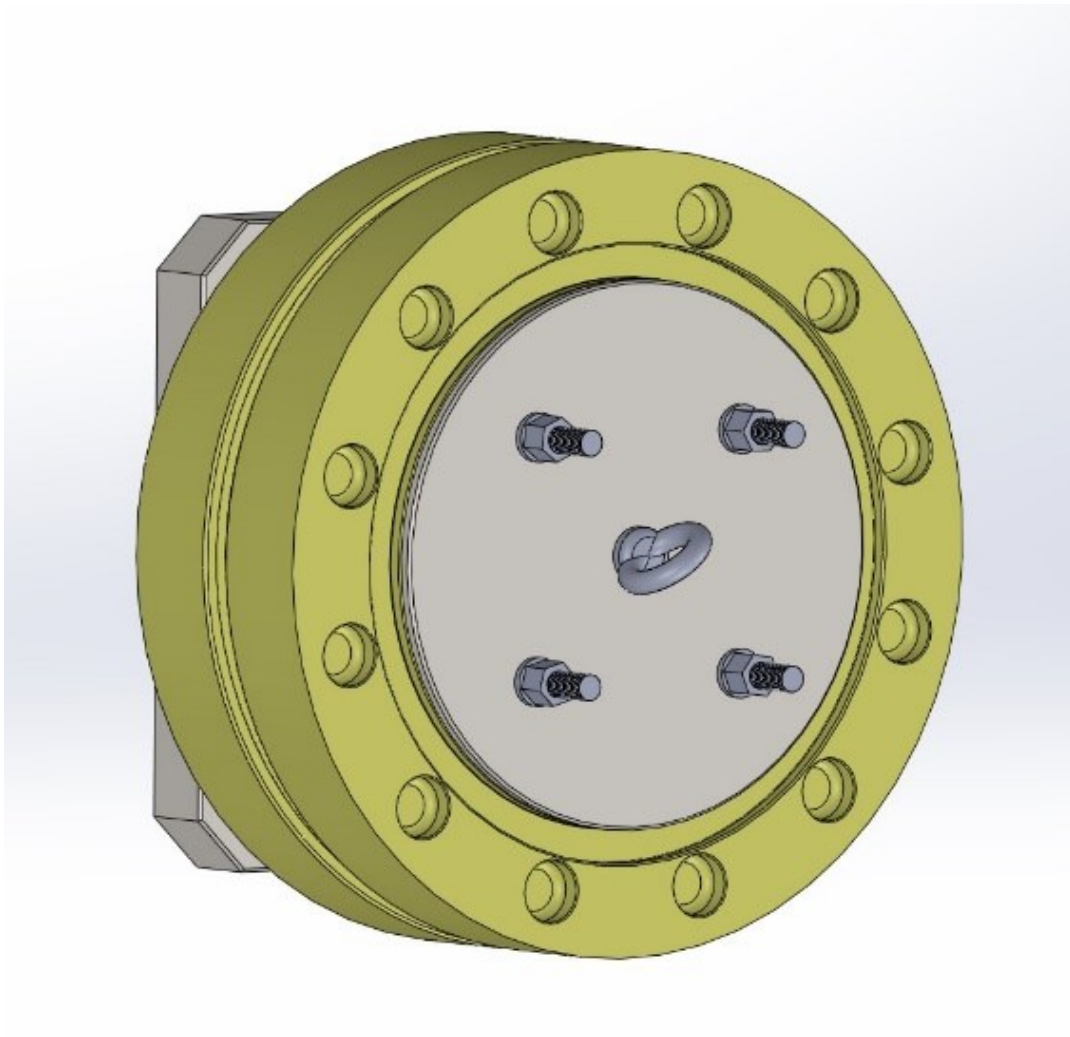


Kuva 15. 3D-mallinnetun kannen sisäpuoli. (Micael Koski 2022.)

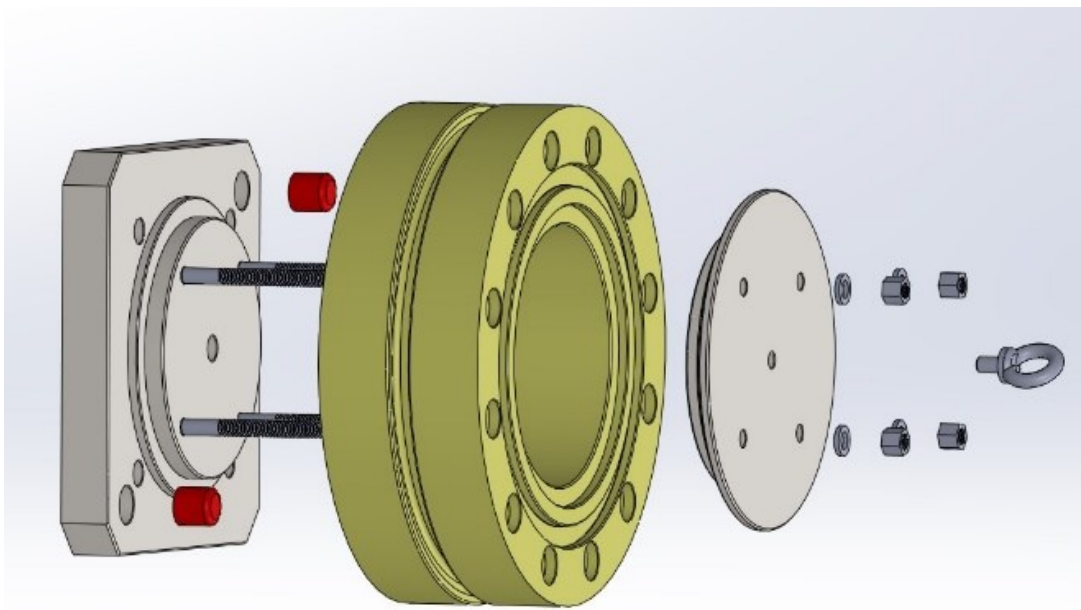
Rodex-pyörässä, tulee kummallekin sivulle 12 kohdistuskoloa vetotapeille, ja niiden on oltava täysin kohdillaan, jotta vääntö kohdistuu oikein. Jotta reiät saataisiin kohdilleen, on käytettävä kohdistustusta koloihin. Tämä ratkaistiin kohdistustapeilla, jotka asetetaan kiinnittimen alaosaan siinä vaiheessa, kun Rodex-pyörä käännetään kiinnittimessä.



Kuva 16. 3D-kokoonpano ilman Rodex-pyörää. (Micael Koski 2022.)

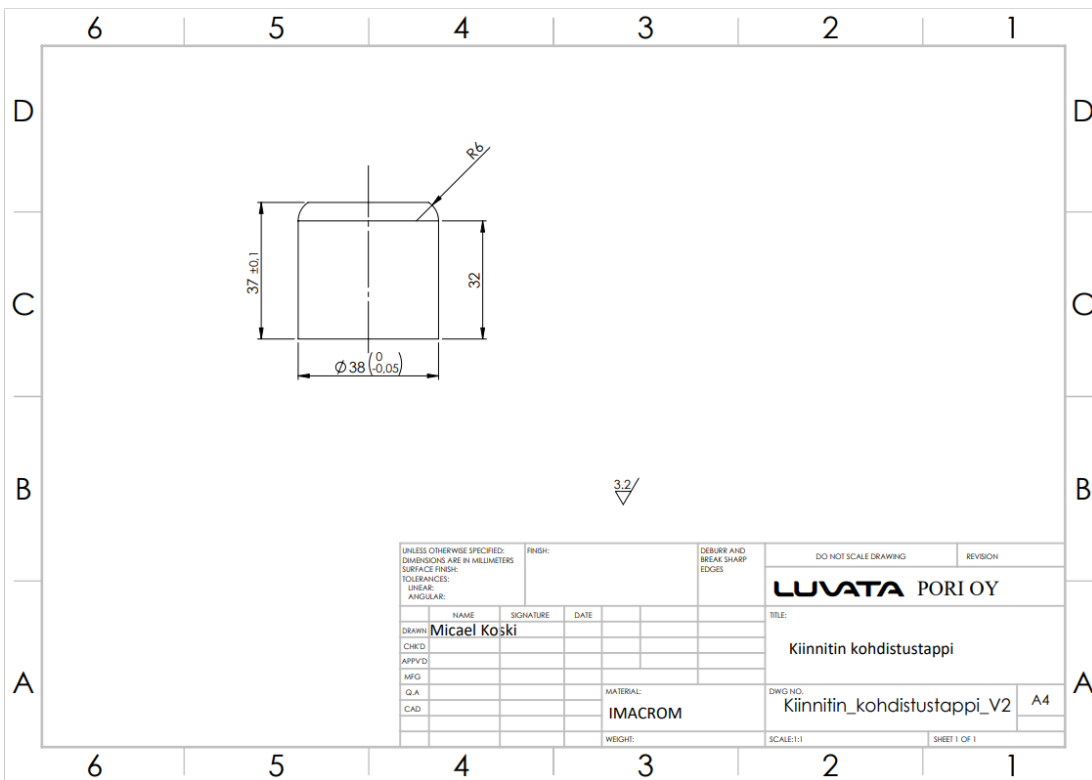


Kuva 17. 3D-kokoonpano Rodex-pyörän kanssa. (Micael Koski 2022.)

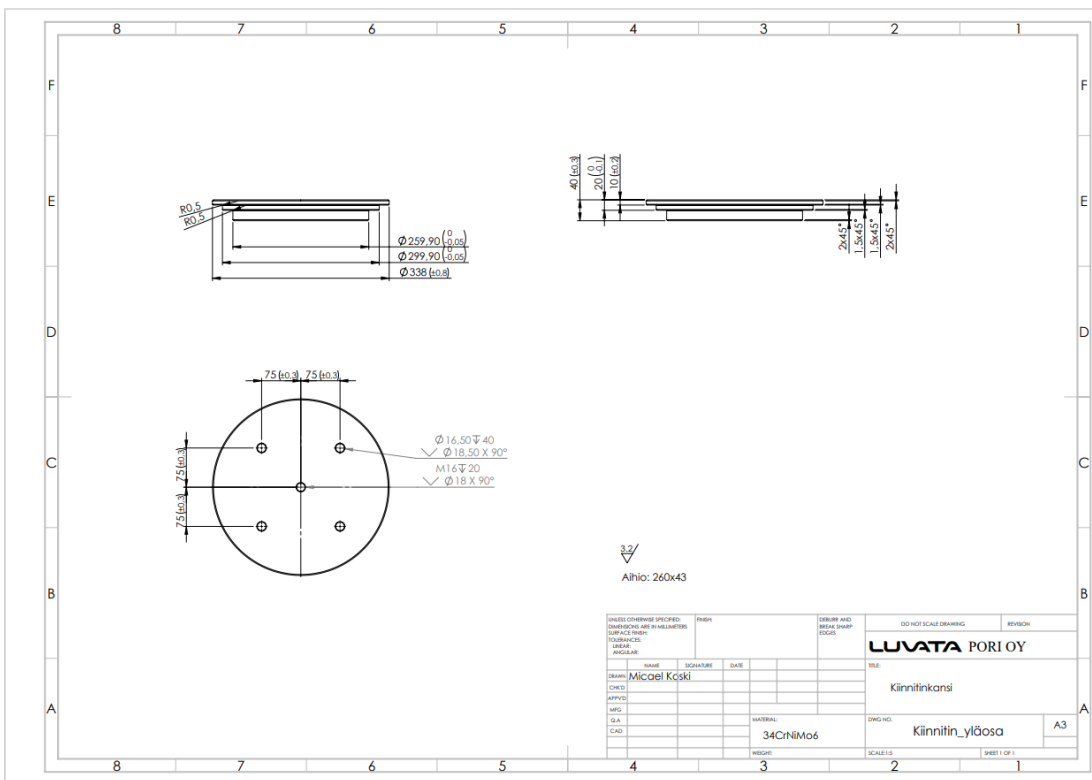


Kuva 18. 3D-räjäytyskuva kokoonpanosta. (Micael Koski 2022.)





Kuva 20. Kiinnittimen kohdistustappin piirustus. (Micael Koski 2022.)



Kuva 21. Kiinnittimen kannen piirustus. (Micael Koski 2022.)

## 8.2 Aihioden tilaaminen

Kun 3D-mallit sekä piirustukset olivat valmiita, voitiin niistä katsoa minkä kokoista aihiota tarvitsisi tilata. Työstövaraa jätettiin 3 mm per pinta, jottei koneistamatonta pintaa jäisi minnekään.

Aihiot tilattiin STEN:niltä pyöröteräksenä, alaosan halkaisija oli 530mm ja paksuus 83mm. Painoa aihiolle tuli 145kg.

Kannen aihion halkaisijaksi valikoitui 340 mm ja 43 mm paksuudeksi. Näin saatiin noin 3 mm työstövara ulkoreunoille, jotta ne saadaan koneistettua puhtaaksi. Tälle aihiolle tuli painoa 36 kg.

## 8.3 Deckel Maho

Kiinnittimen koneistamisessa käytettiin Deckel Maho jyräntä (Kuva 22.). Käyttöpaneelina toimii Heidenhainin valmistaman MillPlus sopeutettuna Deckel Mahoon. Syöttönopeus on portaattomasti ohjelmoitavissa 20–10 000 mm/min välillä. Pikaliike on 24 m/min. Karan maksimi pyörimisnopeus 8 000 kierrosta/min. Koneesta löytyy X, Y, Z akseleiden lisäksi C ja A akselit. Liikematkat akseleilla ovat: X=1250 mm, Y=880 mm, ja Z= 800 mm (Deckel Maho Koneen ohjekirja)



Kuva 22. Deckel Maho-työstökeskus. (Micael Koski 2022.)



#### 8.4 Työkalujen mitoittaminen

Työkalun mittojen hakeminen tapahtuu PWB+ Tool Master esiasettelukoneella (Kuva 23.), jolla saadaan mitattua korkeus, leveys, pyöristyksen teräpaloissa sekä muut ominaisuudet. Laite käyttää CMOS kameraa apuna mittaamiseen, ja EyeRay® ohjelmistoa sen tueksi. Laitteen yhteydessä on tietokone, joka näyttää halutut mitat. Laitteella voi mitata aina 400 mm halkaisijaan asti olevia työkaluja ja 40–400 mm korkeita työkaluja. (PWB+ myyntiesite)



Kuva 23. PWB+ toolmaster. (Micael Koski 2022.)

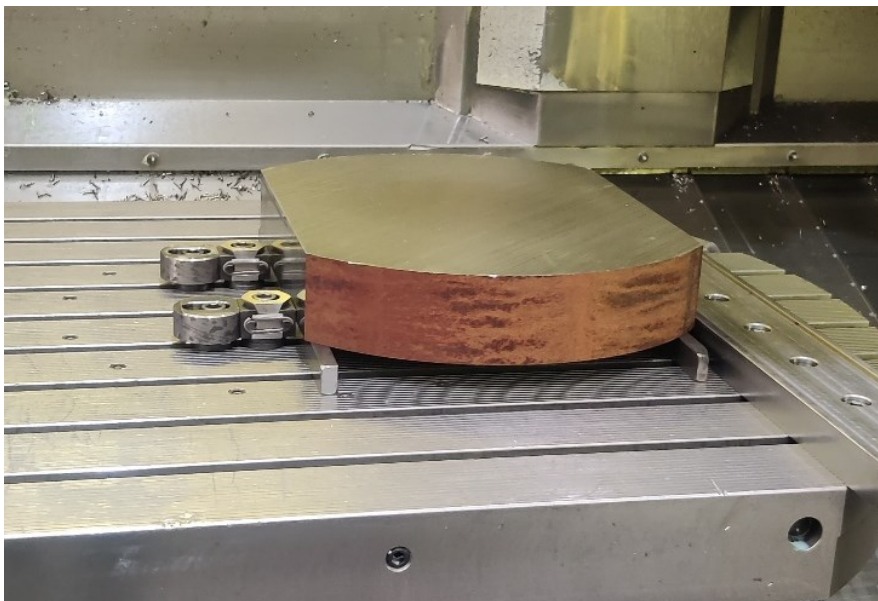
## 8.5 Koneistaminen

Kiinnittimen valmistus aloitettiin alaosan tekemisellä. Ensimmäisenä koneistettiin kaksi sivua oikeaan mittaan, ja taso koneistettiin tasaiseksi (Kuva 25.). Tasokoneistukseen valikoitui 125 mm otsajyrsin.

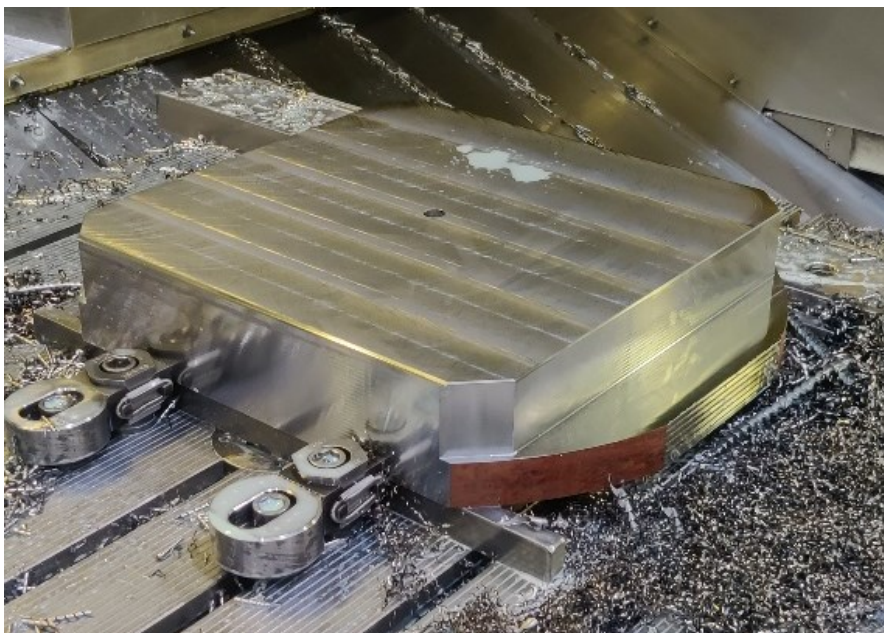


Kuva 24. Alaosan aihion kellotus paikoilleen. (Micael Koski 2022.)

Tämän jälkeen kappaleelle voidaan käyttää erilaista kiinnitysmenetelmää, ja kaikki kyljet, sekä kulmat voidaan koneistaa toiselta puolelta valmiiksi (Kuva 26.). Sivujen jyrsintään käytettiin 100 mm SECO:n varsijyrsintä.

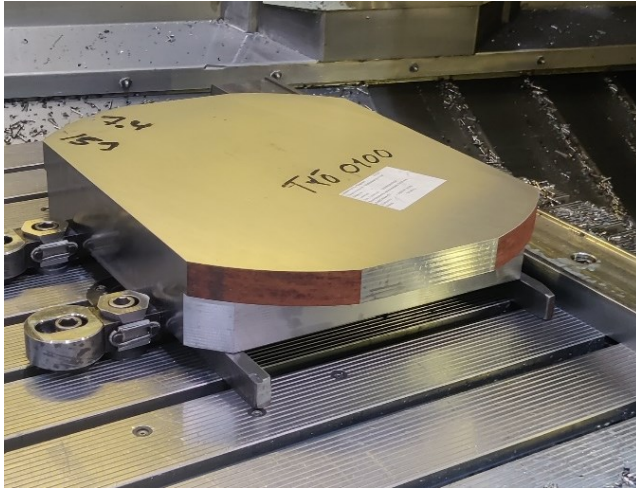


Kuva 25. Aihion kyljet koneistettuna ja kiinnitys muutettuna. (Micael Koski 2022.)



Kuva 26. Kiinnittimen alaosan alapuoli koneistettuna. (Micael Koski 2022.)

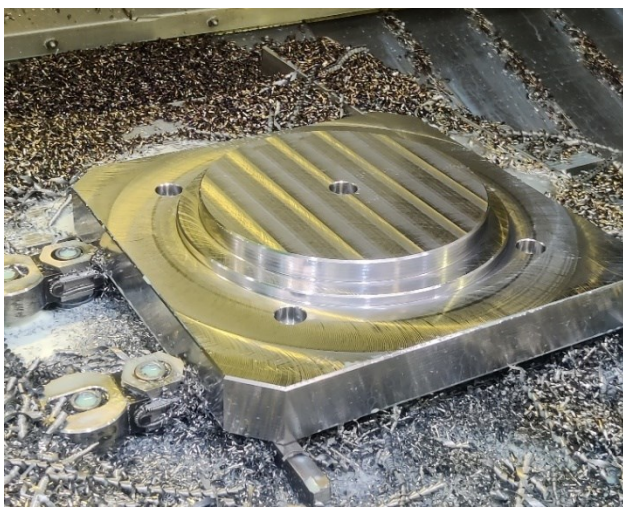
Tämän jälkeen kappale käännettiin ympäri (Kuva 27.), ja esikoneistettiin kohdistusympyrät (Kuva 28.), sekä koneistettiin vahvuus valmiiksi. Seuraavaksi porattiin reiät (Kuva 29.), ensin 14 mm poralla alkureiät, jonka jälkeen 16.5 mm halkaisijalla olevalla poranterällä suurennos, jotta M16 pultit mahtuvat hyvin läpi. Seuraavaksi koneistettiin upotukset kiinnittimen kiinnityspultteja varten 16 mm kovametallitapilla. Tämän jälkeen koneistettiin kierteet M16 pinnapulteille (Kuva 30.), jotka tulevat kiinnittimen kannen rei'istä läpi.



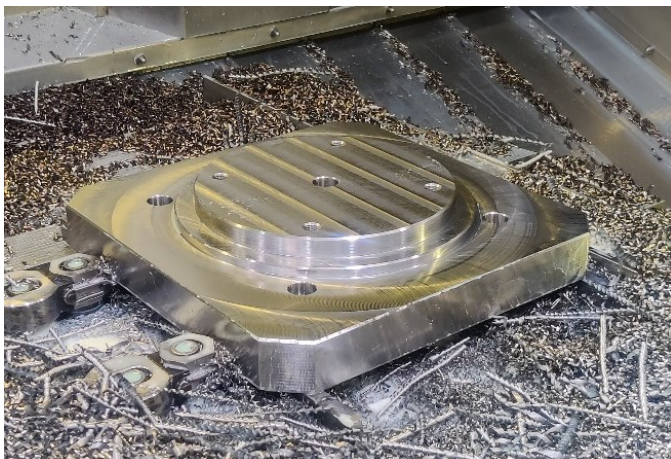
Kuva 27. Aihio ympärikäännettynä. (Micael Koski 2022.)



Kuva 28. Kohdistusrenkaat esikoneistettuna. (Micael Koski 2022.)



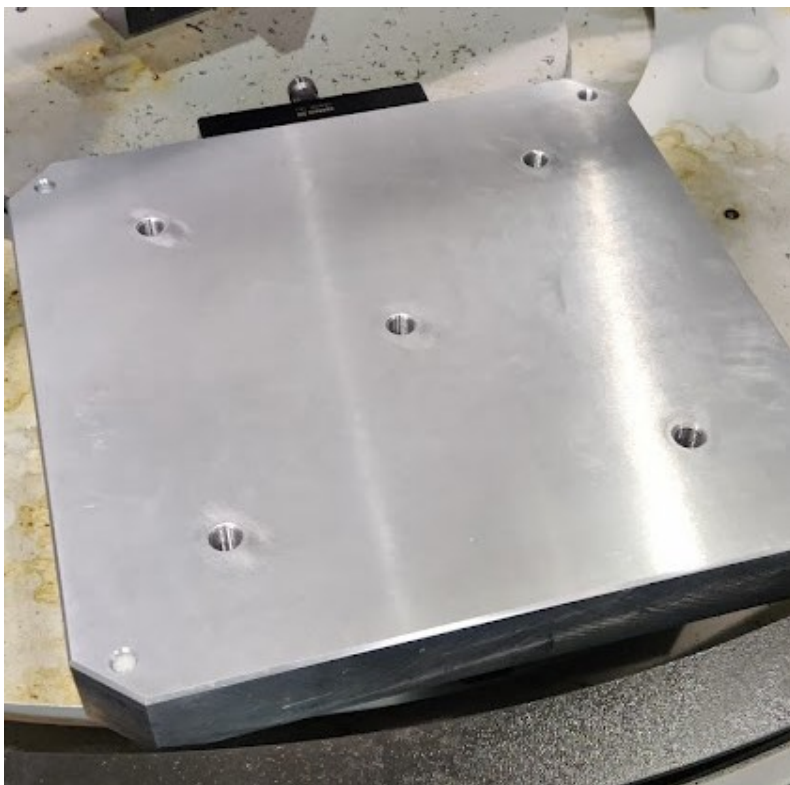
Kuva 29. Kiinnityspulttien reiät koneistettuna. (Micael Koski 2022.)



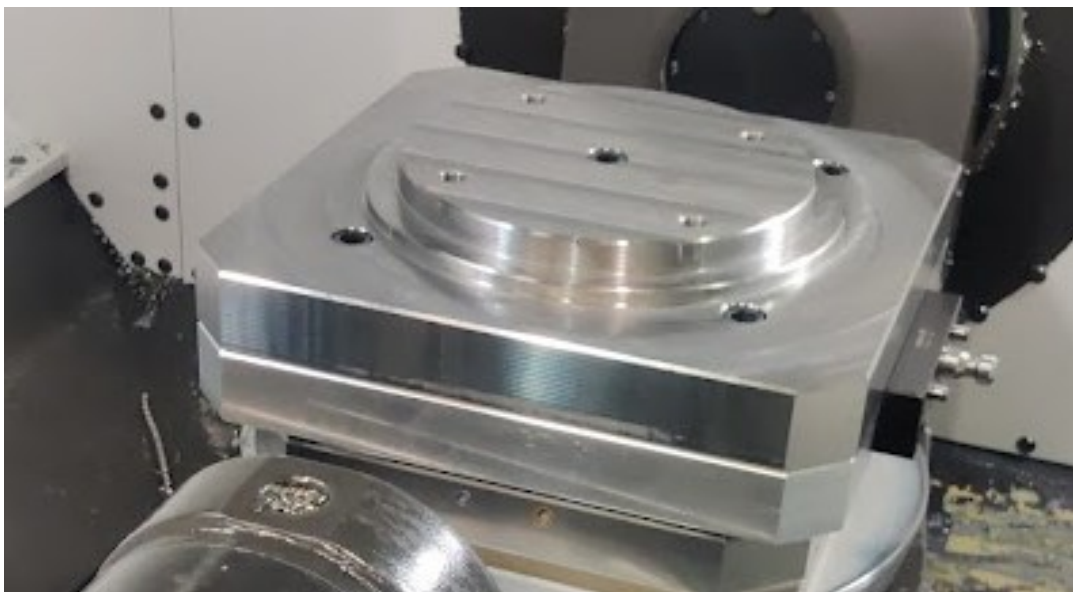
Kuva 30. Kierre tankojen kierteet koneistettuna. (Micael Koski 2022.)

Tämän jälkeen siirryttiin Mikron- työstökeskukselle, jossa ensimmäisenä koneistettiin palettipöytään kierteet kiinnittimen alaosaan varten (Kuva 31.). Kiinnitys (Kuva 32.) tapahtui viidellä M16 kuusiokolopultilla, joista neljällä oli mitta 60 mm ja keskimäisellä 90 mm.

Tämän jälkeen tasainen pinta työstettiin vielä kerran 63 mm otsajyrsimellä, jotta voitiin varmistua suoruudesta, sen jälkeen kehät ajettiin lopulliseen mittaansa 20 mm viimeistelyterällä, jolla saatiin sekä hyvä pinnanlaatu, että toivottu toleranssi.



Kuva 31. Kiinnityspulttien kierteet koneistettuna palettipöydälle. (Micael Koski 2022.)



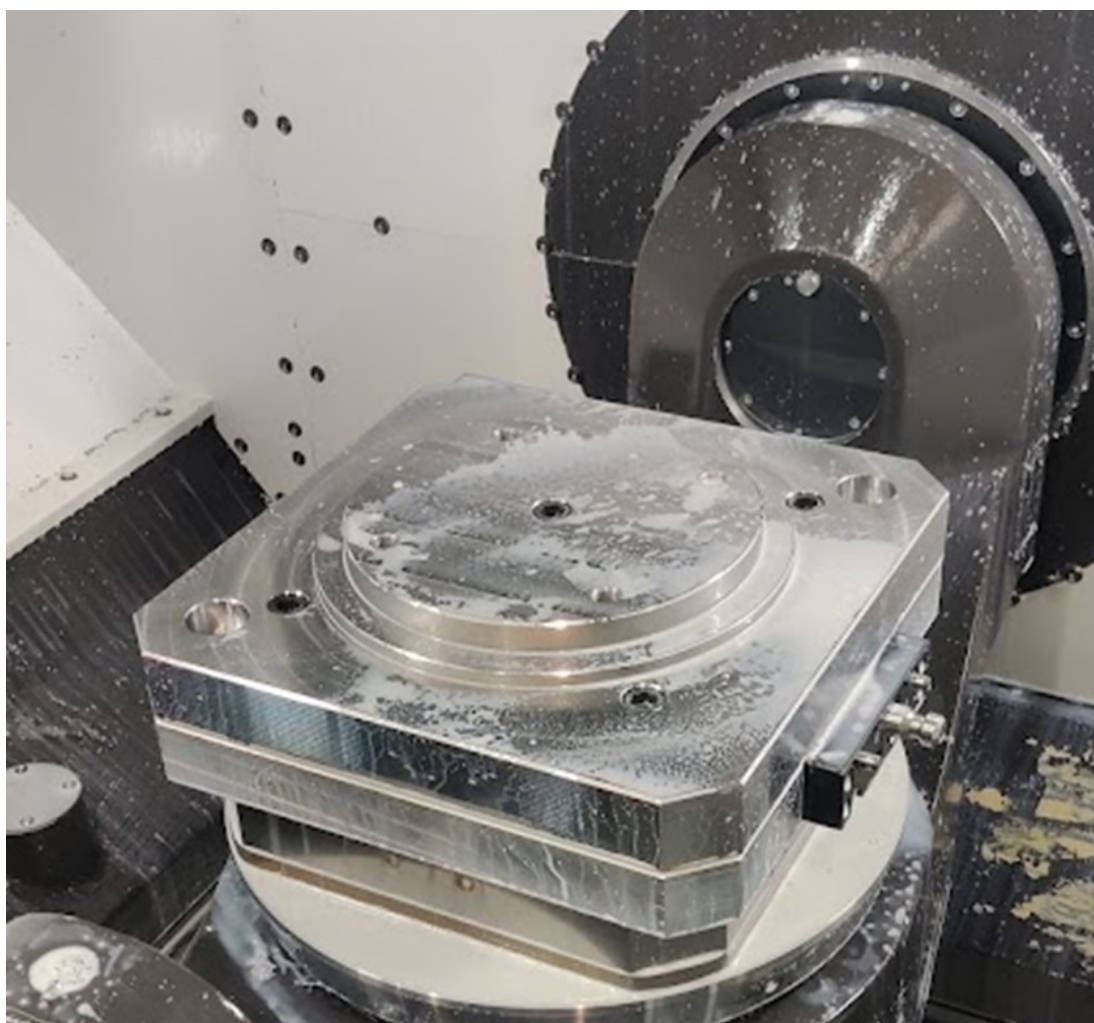
Kuva 32. Kiinnittimen alaosa asennettuna palettipöytään. (Micael Koski 2022.)

Seuraavaksi piti koneistaa kohdistustapit (Kuva 33.), ennen kuin kiinnittimen alaosaan työstetään kohdistuskolot niille. Koneistus suoritettiin manuaalisesti sorvilla jättäen 0.2 mm hiontavaran, jonka jälkeen tapit menivät tarkkuushiontaan, sillä kolon toleranssi Rodex-pyörässä oli todella tarkka. Tappeihin porattiin myöhemmin keskelle reikä, josta ilma pääsee pois ja koneistajan on helpompi asettaa tapit kiinnittimeen.



Kuva 33. Sorvatut ja hiotut kohdistustapit. (Micael Koski 2022.)

Tappien valmistuttua voitiin kiinnittimen alaosaan koneistaa kolot niille. Ensiksi porattiin alkureikä 18 mm kovametalliporalla, jonka jälkeen saatiin esikoneistettua kolo 16 mm varsijyrsimellä. Tämän jälkeen kolo viimeisteltiin 16 mm kovametallitapilla. Viimeistelyvaihe piti suorittaa muutaman kerran, sillä tapeille ei haluttu välystä. Lopulta 0.05 mm välys osoittautui hyväksi, ja reunat voitiin viimeistellä 16 mm viisteterällä (Kuva 34.).



Kuva 34. Kiinnittimen alaosaan kohdistustappien kolot valmiina sekä pinnat viimeisteltynä. (Micael Koski 2022.)

Seuraavaksi siirryttiin kannen koneistamiseen. Ennen aloittamista keskusteltiin koneistajan kanssa, jonka seurauksena päätettiin jättää kannen ulommainen osa kokonaan pois, jotta kosketuspintoja tulisi vain yksi, eikä kansi jäisi ”kantamaan” väärästä kohtaa. Kannen koneistus tapahtui Deckel Maho jyrsimessä, sillä sorvareilla tilauksista johtuen ei ollut aikaa tehdä kyseistä kappaletta. Kiinnitys tapahtui sorvin kiinnitysleukoja jäljittelevällä kiinnittimellä (Kuva 35.). Ensimmäiseksi jyrsittiin tasopinta suoraksi, jonka jälkeen koneistettiin kyljet 32 mm otsajyrsimellä (Kuva 36.). Tämän jälkeen viistettiin reunat ja porattiin neljä reikää, joista kierretangot tulisivat läpi. Seuraavaksi kappale käännettiin ja plaanattiin lopulliseen vahvuuteen, koneistettiin kierrenostolenkille ja viimeisteltiin viistämällä (Kuva 37.).

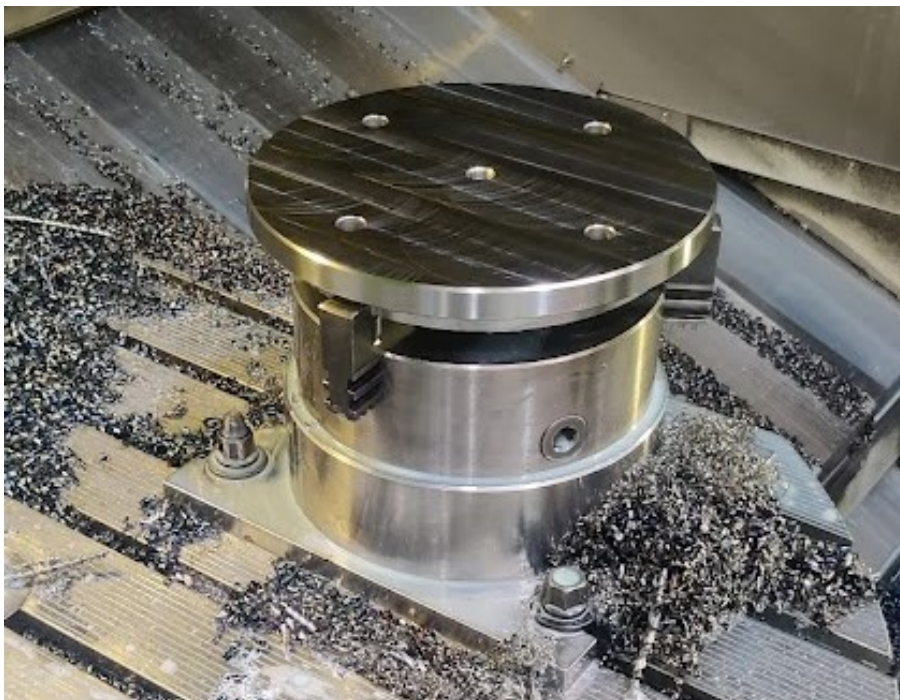


Kuva 35. Kannen kiinnitys työstökeskukseen. (Micael Koski 2022.)





Kuva 36. Kannen kohdistusrenkaat valmiina. (Micael Koski 2022.)



Kuva 37. Kansi valmiina reikineen. (Micael Koski 2022.)

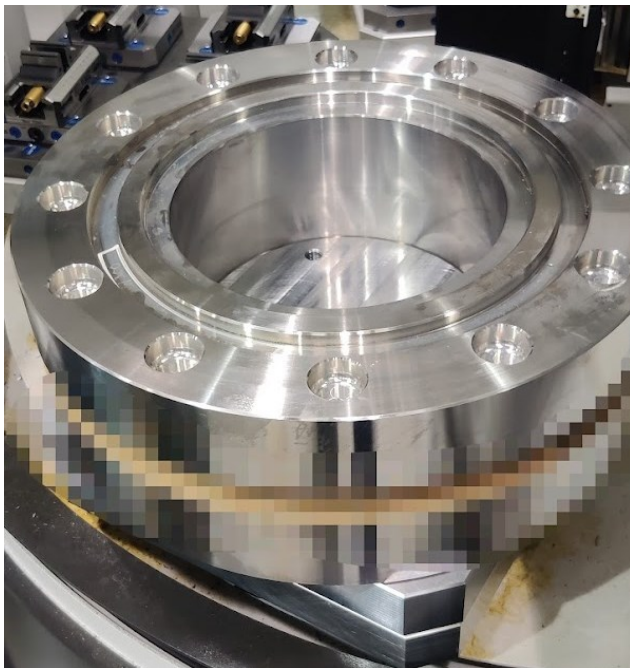
## 9 TULOKSET

### 9.1 Miehitämättömän ajon tulokset

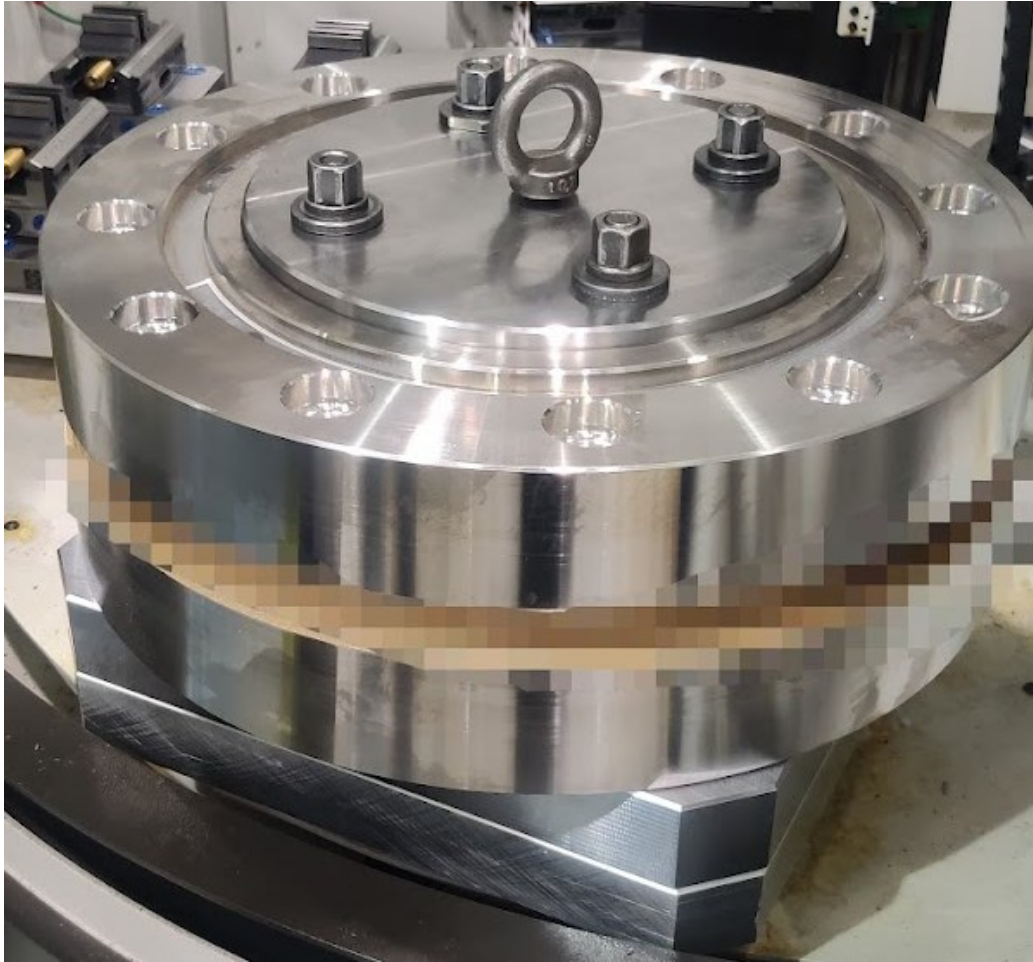
Miehitämättömän ajon kehittämiseksi kokeiltiin eri työstöarvoja sekä eri merkkisiä työkaluja, mutta 32 mm otsajyrsintä ei saatu kestävään 4 kappaletta. Kyseinen ongelma ratkaistiin hankkimalla työkaluvaihtajaan toinen samanlainen Sandvik otsajyrsin, jonka kone vaihtaa samalla kun kaksi ensimmäistä aihiota on koneistettu ja palettipöytä vaihtuu. Näin voidaan kone jättää turvallisesti yöksi miehitämättömään ajoon. Lopullinen yhden kappaleen ajoaika oli 1h 25min, jolloin aihioita ollessa neljä, saadaan yön aikana miehitämättömän ajoaikaa 5h 40min.

### 9.2 Koneistuskiinnittimen toimivuus

Koneistuskiinnittintä testattiin sovittamalla valmista Rodex-pyörää (Kuva 38.), ja pyörä istui ilman ongelmia tai liian isoja välyksiä paikalleen. Kaikki osat mahtuivat koneeseen ja kiinnitin toimi kuten pitikin. Painoa kiinnittimellä ja pyörällä on yhteensä 266 kg, joka on hyvin alle painorajan, joka pöydällä on (450 kg). Näin ollen akselien moottoreiden jarrutkaan rasitu niin paljoa.



Kuva 38. Rodex-pyörän asettuminen kiinnittimeen. (Micael Koski 2022.)



Kuva 39. Kiinnitinkokoonpano kasattuna. (Micael Koski 2022.)

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Mikron- työstökeskuksen miehittämätöntä ajoa ja suunnitella Rodex-pyörälle koneistuskiinnitin. Koneistetut Rodex-pyörät menevät Luvata Pori Oy:n toiselle osastolle kuparintuotteiden valmistusprosessiin. Opinnäytetyön oleellisimpia osioita oli kiinnittimen suunnittelu, valmistus sekä miehittämättömän ajon teräparametrien haku.

Työn lopputuloksen perusteella Luvatan on mahdollista aloittaa miehittämätön ajo XL-kasettiaihoille sekä kehittää sitä tai soveltaa muille kappaleille tulevaisuudessa tämän opinnäytetyön pohjalta. Myös Rodex-pyörän koneistaminen Mikron- työstökeskuksella on nyt mahdollista koneistuskiinnittimen ansiosta.

Kokemuksena opinnäytetyön tekeminen oli miellyttävä ja se kehitti vuorovaikutustaitojani työntekijöiden kanssa, suunnittelutaitojani ja ongelmanratkaisukykyjäni. Myös kappaleen valmistuminen suunnittelupöydältä konkreettiseksi osaksi kehitti minun ongelmaratkaisukykyjäni ja tulevaisuudessa voin paremmin ennakoida mitä ongelmia kappaleen valmistuksessa voi tulla.

Kirjallisuutta opinnäytetyön toteuttamiseksi löytyi riittävästi ja Luvatan kokenut henkilökunta osasi vastata hyvin mieltä askarruttaviin kysymyksiin.

## LÄHTEET

Aaltonen K, Andersson P & Kauppinen V. 1997. Koneistustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Asiakastieto www-sivut. 2022. Viitattu 15.3.2022. <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/luvata-pori-oy/07095540/taloustiedot>

Deckel Maho koneen ohjekirja.

Heinonen M, Keinänen T & Kärkkäinen P. 2016. Konetekniikan Perusteet. Helsinki. Sanoma Pro Oy

Hietikko E. 2010. Tietokoneavusteinen Suunnittelu. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Krar S, Gill A & Smid P. 2001. CNC Simplified. Industrial Press.

Kupariteollisuuspuiston www-sivut. 2022. Viitattu 22.3.2022. <https://www.kupariteollisuuspuisto.fi/alueen-esittely/historia/>

Luvatan www-sivut. 2022. Viitattu 23.2.2022. <https://www.luvata.com/locations/pori>

Maaranen K. 2004. Koneistustekniikat. Helsinki. WSOY.

Ovakon www-sivut. 2022. Viitattu 7.3.2022. <https://steelnavigator.ovako.com/steel-grades/4crmn16-4/>

PWB+ Myyntiesite.

STEN:n www-sivut. 2022. Viitattu 23.2.2022 [https://www.sten.fi/document/1/27/aea4431/tuote\\_f8be181\\_42crmo4.pdf](https://www.sten.fi/document/1/27/aea4431/tuote_f8be181_42crmo4.pdf)

STEN:n www-sivut. 2022. Viitattu 23.2.2022 [https://www.sten.fi/document/1/28/4ca766c/tuote\\_7e2e87e\\_34crnimo6.pdf](https://www.sten.fi/document/1/28/4ca766c/tuote_7e2e87e_34crnimo6.pdf)

Tamsparkin www-sivut. 2022. Viitattu 23.2.2022 <https://www.tamspark.fi/tuotteet/koneistuskeskukset/gf-vakiokoneet/>

Uddeholmin www-sivut. 2022. Viitattu 23.2.2022 <https://www.uddeholm.com/finland/fi/products/uddeholm-qro-90-supreme/>

Vesämäki H. 2014. Lastuavan Työstön NC- Ohjelmointi. Tampere. Teknologiateollisuus Ry.