



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Koneistuskiinnittimien kehittäminen

Juhani Valtee

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Konetekniikka
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

VALTEE, JUHANI:
Koneistuskiinnittimien kehittäminen

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Toukokuu 2018

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kartiojauhimien koneistuksessa käytettävien koneistuskiinnittimien suunnitteluun ja suunnittelun eri vaiheisiin. Opinnäytetyö tehtiin Valmetin Valkeakosken yksikölle. Ajatus opinnäytetyöstä syntyi tilaajan ja opinnäytetyön laatijan välisien keskustelujen pohjalta kesätöiden aikana. Koneistuskiinnittimien kehittämällä pyrittiin vähentämään työn keskeytykseen kuluvaan aikaa, kun vaihdetaan koneistettavia kappaleita ja koneistajiin kohdistuvia rasituksia jauhinterien lohkoja asennettaessa koneistuskiinnittimiin. Kehiteltujen koneistuskiinnittimien on myös tarkoitus korvata nykyiset koneistuskiinnittimet.

Työn taustoittamiseksi opinnäytetyön alussa kerrotaan Valmetista ja Terätehtaasta yleisesti sekä niiden historiasta ja siitä mitä Terätehtaalla valmistetaan. Lukija perehdytetään jauhimiin, erityisesti kartiojauhimiin, joita Terätehdas valmistaa. Lukijalle myös kerrotaan yleisesti koneistuskiinnittimistä ja mihin niitä tarvitaan. Teoriaosassa kerrotaan myös JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimien historiasta. Teoriaosuuden on tarkoitus esitellä lukijalle opinnäytetyössä käsiteltävä aihe.

Työn suunnitteluvaiheessa keskityttiin koneistuskiinnittimien kehittämisen vaiheisiin ja opinnäytetyössä esitellään käytettävä mallinnusohjelma Autodesk Inventor 2018. Aluksi käsitellään roottorin ja staattorin koneistuskiinnittimien suunnitteluvaiheet. Näiden jälkeen keskitytään yhdistelmäkonestuskiinnittimiin ja lopuksi koneistuskiinnittimien kiinnitysratkaisuihin.

Opinnäytetyön tuloksena työn tilaajalle suunniteltiin neljä koneistuskiinnittintä, joiden avulla saavutettiin tilaajan asettamat tavoitteet.

Tilaaja halusi opinnäytetyön toteutuksen salaiseksi, sillä toteutuksessa on paljon tuotantotekniikkaan liittyvää tietoa. Salaisiksi halutut kuvat on sumennettu opinnäytetyön julkaisuvasta versiosta.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

VALTEE, JUHANI:
Development of Machining Clamps

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 8 pages
May 2018

This thesis focuses on the design of machining clamps. The machining clamps are used for machining cone refiners. The thesis was made for Terätehdas, Valmet's Valkeakoski unit. The subject of this thesis originated from discussions between the company of this study and the author during the summer months. The goal of developing the machining clamps was to reduce the time required for the working seizure when replacing the work-piece to be machined and the strain on the operator during installing the refiner blocks for machining clamps. As the result of this thesis the existing machining clamps would be replaced by the ones designed here.

At the beginning of the thesis, a review on the general history of Valmet and Terätehdas what is being produced at the Terätehdas. The reader is acquainted with refineries, especially cone refineries manufactured by Terätehdas. A discussion is also provided on machining clamps, their purpose and uses. The theoretical part also tells the history of JC-03 size machining clamps. The theoretical part is intended to clarify the subject area to the reader.

During the design phase, focus is on the steps of developing the machining clamps and the reader is introduced to the modeling program Autodesk Inventor. The design phase first deals with the steps of designing the rotor and stator machining clamps. After these, the focus is on the combination of the machining clamps and mounting solutions for machining clamps.

As a result of this thesis, four machining clamps were designed for the commissioner of this study to achieve the goals that were set.

Confidential information was not included in the public version of this thesis.

Key words: machining clamp, jc-03, design, autodesk inventor

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Valmet Oyj	7
	2.1 Terätehdas Valkeakoski	7
	2.1.1 Historia.....	8
	2.1.2 Nykyhetki.....	8
3	Jauhimet.....	9
	3.1 Kartiojauhimet	10
4	Koneistuskiinnittimet ja koneistaminen	11
	4.1 JC-03 historia.....	14
5	Ohjelmisto	15
	5.1.1 Piirtäminen	16
6	Suunnittelu.....	17
	6.1 Roottorin taustapinnan koneistuskiinnitin	19
	6.1.1 Pohjalevy.....	19
	6.1.2 Jigi.....	21
	6.1.3 Tukki	22
	6.2 Staattori	24
	6.2.1 Pohjalevy.....	24
	6.2.2 Tukki	25
	6.3 Yhdistelmäkoneistuskiinnitin	26
	6.4 Tukkien kiinnitys jigeihin	27
7	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Roottorin taustanajo koneistustukki.....	31
	Liite 2. Roottorin taustanajo jigi.....	32
	Liite 3. Staattorin taustanajo tukki.....	33
	Liite 4. Staattorin taustanajo pohjalevy	34
	Liite 5. Roottorin taustanajo koneistuskiinnitin	35
	Liite 6. Staattorin taustanajo koneistuskiinnitin	36
	Liite 7. Yhdistelmäkoneistuskiinnitin roottorintausta	37
	Liite 8. Yhdistelmäkoneistuskiinnitin staattorinpinta.....	38

ERITYISSANASTO

CAD	Tietokoneen avulla tehtävä suunnittelu
EMEA	Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka
HELICOIL	Kierteen korjauselementti
Jigi	Koneistuksessa käytettävä apuväline kappaleen kiinnittämiseksi sorvin pakkaan ja tukin pitämiseksi paikallaan
Jäyste	Kappaleen särmiin ja kulmiin syntynyt ulkonema koneistuksen seurauksena
Koneistus	Metallin lastuava työstömenetelmä, jossa työstö tapahtuu kappaleen pyörimisliikkeen ja teräpalan avulla
Teräsarjapari	Toisiaan vastaavat ulko- ja sisäterät
Tukki	Apuväline, johon koneistettavat kappaleet kiinnitetään.
Työkalurevolveri	Karusellisorvin kehä, johon sorvin työkalut ovat kiinnitettynä
Vestirauta	Apuväline, jolla kappale saadaan kiinnitettyä väliaikaisesti

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tulee tilaajan Valmet Technologies Oy:n Valkeakosken yksikön, paikallisille tutummin Terätehtaan, tarpeesta uudistaa ja parantaa JC-03-kokoluokan kartiojauhimien terien koneistuksessa käytettäviä koneistuskiinnittimiä. Valkeakosken Terätehdas on yksi maailman johtavista puumassan käsittelyyn käytettävien kartiojauhinterien valmistajista. Valkeakosken yksikössä jauhinteriä valmistetaan tuhansia kappaleita vuodessa, joten koneistuskiinnittimien toiminnalla on ratkaiseva merkitys terien valmistuksessa.

Tilaaaja pyrkii saamaan jatkossa koneistamisen kappaleenvaihtoon kuluvan ajan lyhyemmäksi. Kappaleenvaihto aiheuttaa aina työn keskeyttämisen, mikä hidastaa ja huonontaa tuottavuutta. Koneistuskiinnittimien kehittämisen tavoitteena oli myös saada kiinnittimistä käytännöllisempiä. Tämän hetkiset JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimet ovat epäkäytännöllisiä, kuluneita ja koneistajan työergonomian kannalta huonoja.

Opinnäytetyössä kerrotaan koneistuskiinnittimistä ja koneistuskiinnittimien suunnittelun vaiheista. Opinnäytetyön julkaistavasta versiosta on salattu kaikki kiinnittimien mallinukseen liittyvät kuvat, joita tilaaja ei halua julkaistavan salassa pidettävän materiaalin takia.

Minulle opinnäytetyön aihe oli tuttu, sillä olen työskennellyt aikaisemmin Terätehtaalla koneistajana ja koneistuskiinnittimet ja kartiojauhimet ovat tulleet tutuiksi töiden kautta. Tämän vuoksi koneistuskiinnittimien kehittäminen tuntui luonnolliselta valinnalta opinnäytetyön aiheeksi.

2 Valmet Oyj

Valmet on maailman johtava teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja ja kehittäjä sellu-, paperi- ja energiateollisuudelle (Valmet, 2018b). Valmet työllistää yli 12000 työntekijää, joista noin 4800 työskentelee Suomessa. Toimipisteitä Valmetilla on yli 30 maassa ja Suomessa Valmetilla on 28 toimipistettä (Valmet, 2018a). Valmet jakaa toimintansa viiteen alueeseen; Kiina, Aasia ja Tyynenmeren alue, EMEA ja Etelä – ja Pohjois-Amerikkika. Näistä EMEA -alue on merkittävin markkina-alue. Vuonna 2017 Valmetin liikevaihto oli noin 3,2 miljardia, joka on kasvanut edellisvuoden noin 2.9 miljardista (Valmet, 2018b; Wikipedia, 2018a).

Valmetin historia ylettyy yli 200 vuoden päähän, aina 1700-luvun lopusta lähtien. Valmetin tarina sai alkunsa silloisesta Tampereen verkatehtaasta 1790-luvulla (jälkeenpäin Tamfelt), josta tuli osa Valmetia 1900-luvulla. Valmet on monien yritysten ja yhtiöiden yhdistelmä, jotka ovat sulautuneet Valmetiin ajan saatossa. Monet näistä yrityksistä ovat perustettu jo 1800-luvulla ja ne ovat toimineet teollisuuden parissa. (Valmet, 2018b; Wikipedia, 2018a)

2.1 Terätehdas Valkeakoski

Opinnäytetyön tilaaja, Valkeakosken Terätehdas, on Valkeakoskella 1970-luvun lopulta lähtien toiminnassa ollut Valmetin yksikkö. Valkeakosken Terätehdas valmistaa puumas-
san käsittelyyn käytettäviä kartiojauhimen teriä (KUVA 4). Tuotetuista jauhinteristä pääosa toimitetaan paperiteollisuuden yrityksille, mutta myös yksittäisille toimijoille tuotetaan jauhinteriä. Terätehtaan tuotanto muodostuu valimosta ja koneistamosta. Lisäksi Terätehtaalla on oma suunnitteluosasto, joka suunnittelee jauhinterien terämallit asiakkaiden tarpeiden mukaan. Terätehdas työllistää yli 80 työntekijää, joista tuotannossa on noin 60 työntekijää ja toimihenkilöitä on noin 20. Tuotannon työntekijät jakautuvat valimotyöntekijöihin ja koneistajiin.

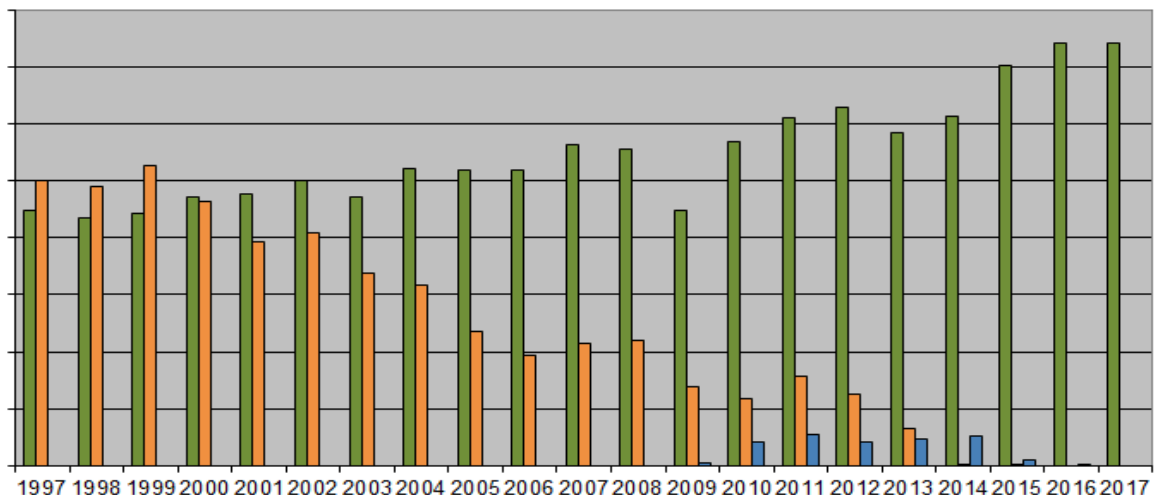
2.1.1 Historia

Terätehdas aloitti toimintansa 1970-luvulla, jolloin Terätehdas vielä kuului Jylhävaaran omistukseen ja toimitti jauhinteriä pääosin Yhtyneille Paperitehtaille. Yhtyneet Paperitehtaat olivat metsäteollisuusyhtiö, johon kuului Ab Simpeleen, Jämsänkосki Oy:n ja Myllykosken Träsliperi Ab. Myöskin Valkeakoskella toiminut Walkikoski yhtiö jälkeempään yhtiöön (Wikipedia, 2018b). Ensimmäinen Terätehtaalla valettu terä valmistui 1976. Työntekijöiden määrä on vaihdellut vuosien varrella ja parhaimmillaan Terätehdas on työllistänyt noin 100 työntekijää (Valkeakosken Sanomat, 2018)

2.1.2 Nykyhetki

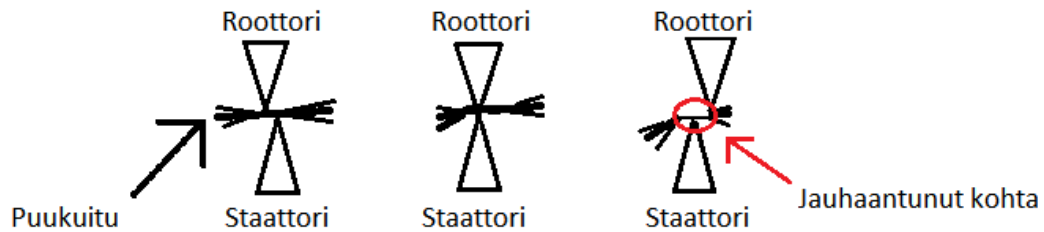
Terätehdas on markkinajohtaja jauhinterien valmistuksessa Euroopassa. Valkeakoskella valmistetaan tuhansia jauhinteriä vuodessa. Terätehtaan jauhinterien valmistusmäärästä tehdystä diagrammista (KAAVIO 1) nähdään terien valmistusmäärä vuosittain. Kaaviosta huomataan jauhimien nousujohteinen valmistusmäärä. Tämä tietää tarvetta jauhinterille, mikä tuo kysyntää myös Terätehtaan osaamiselle: ”Me teemme noin 200 uutta mallia joka vuosi. Joka puolella maailmaa yritetään kopioida näitä malleja. Me olemme kuitenkin niin nopeita tuottamaan uusia, ettei kukaan pysy perässämme. Jos näin ei olisi, ei tämä tehdas olisi enää Suomessa, vaan esimerkiksi Kiinassa tai Intiassa” (Valkeakosken Sanomat, 2018). Tämä kertoo Terätehtaan kyvystä parantaa asiakkaiden prosesseja.

Kaavio 1. Kartio- ja levyterien valmistusmäärät vuosina 1997-2017. Vihreällä kartioterät ja oranssilla levyterät. Levyterien valmistus lopetettiin 2013. (Kaavio: Hakala Sanna 2018)



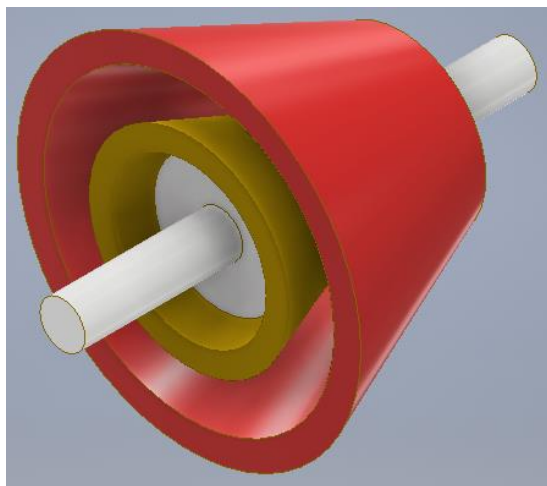
3 Jauhimet

Jauhimet ovat puumassan käsittelyssä käytettäviä kokonaisuuksia, jotka koostuvat ulko- ja sisäterästä, eli staattori- ja roottoriterästä (Joensuu, s.36). Teollisuudessa jauhintyyppiä on erilaisia mm. levyjauhimia ja kaksoiskartiojauhimia. Terätehtaalla on valmistettu levyjauhinten teriä, mutta nykyään valmistettavat jauhimet ovat kaikki kartiojauhinten teriä. Jauhimia valmistetaan eri kartiokulmilla.

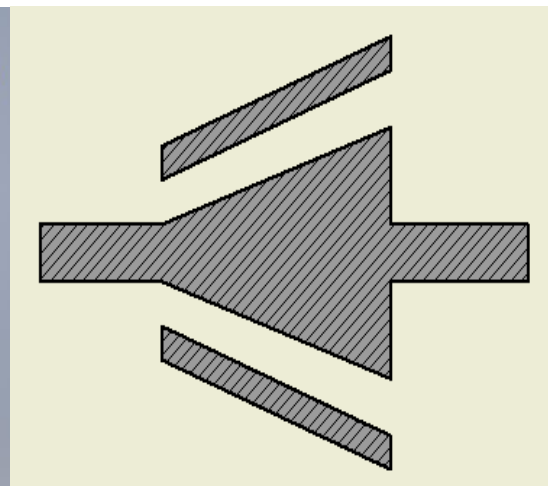


KUVA 1. Puukuidun kulku jauhimen hammasvälissä (Joensuu, s. 22, muokattu)

Kartiojauhimen staattoriterä on kiinteästi paikallaan ja roottoriterä pyörii staattorin sisällä oman akselinsa ympäri. Kuvissa 2 ja 3 on havainnollistettu kartiojauhimen rakennetta. Roottoriterä (kuvassa 2 keltaisella) on akseloitu (kuvassa 2 harmaalla) ja se pyörii staattoriterän (kuvassa 2 punaisella) sisällä. Jauhimien avulla terien väliin syötettävästä jauhamattomasta massasta (KUVA 1) saadaan eroteltua puukuidut ja jauhettu massa saadaan paperikoneiden käyttämään muotoon. Saatavan massan laatu riippuu käytetyn jauhimen hammasprofiilista. Jauhimet voivat toimia joko yksinään tai jauhimet voivat olla osa laajempaa jauhinjärjestelmää, joihin kuuluu useita peräkkäisiä jauhimia (Joensuu, s.36). Tässä opinnäytetyössä jauhinjärjestelmiin ei kuitenkaan perehdytä sen tarkemmin.



KUVA 2. Periaatekuva jauhimesta



KUVA 3. Lämpileikkaus jauhimesta

3.1 Kartiojauhimet



KUVA 4. JC-04 -terälohkot kasattuna tukkiin hammaspinnan koneistusta varten.

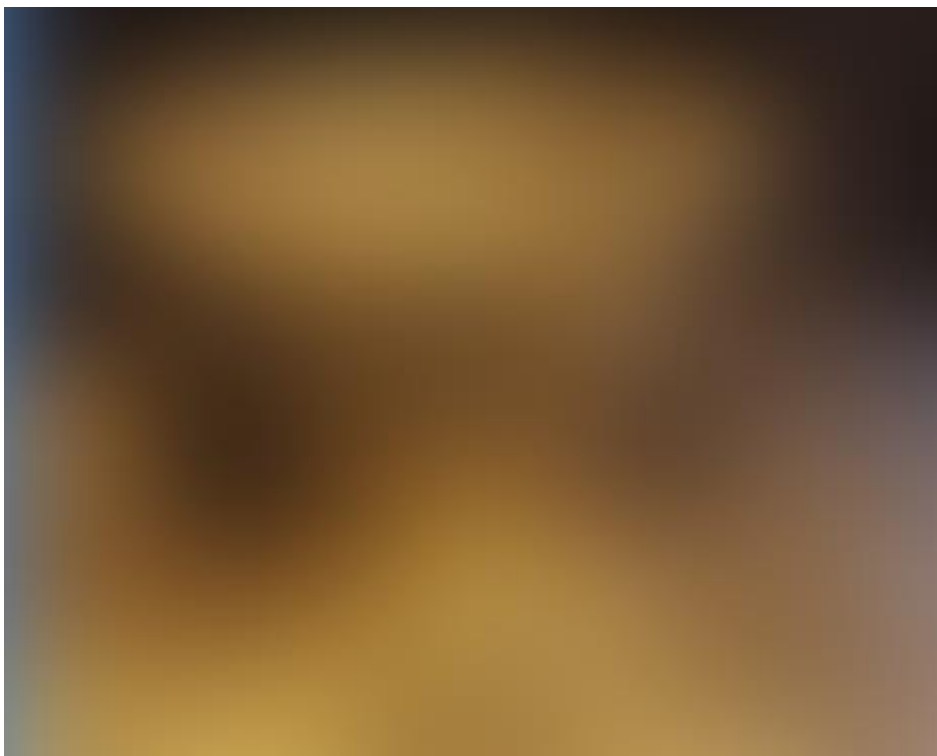
Kartiojauhimet ovat kuvan 4 mukaisesti kartion mallisia jauhinteriä. Terätehtaalla Jauhinteriä valmistetaan viidessä eri kokoluokassa: pienimmistä JC-01-kokoluokan jauhinteristä JC-05-kokoluokan jauhinteriin. Pienimmät terät ovat halkaisijaltaan kymmeniä senttejä, kun taas suurimmat ovat yli metrin halkaisijaltaan.

Jauhinteriä valmistetaan Terätehtaalla segmenttiterinä ja yksiosaisina kokonaisina terinä. Segmenttiterät ovat kokonaisuuksia, jotka koostuvat useista irtonaisista lohkoista (KUVA 4). Loppukäyttökohteessa jauhinterien käyttöikä on kuukaudesta kymmeneen vuosiin riippuen jauhimen valmistamiseen käytetystä materiaalista, jauhimen terägeometriasta ja lisäksi siitä mihin tarkoitukseen asiakas jauhinta käyttää ja minkälaista massaa sillä jauhaa. Terätehtaalla kartiojauhimia valmistetaan useasta teräslaadusta.

4 Koneistuskiinnittimet ja koneistaminen

Koneistuskiinnittimet (KUVA 5) ovat hitsatuista ja koneistetuista raskaslevyrakenteista valmistettuja koneistuksessa käytettäviä apuvälineitä. Terätehtaalla osa koneistuskiinnittimistä on myös valettuja. Koneistuskiinnittimien avulla koneistettava kappale saadaan asetettumaan tarkasti oikealle paikalleen ja pysymään paikoillaan koneistuksen aikana. Koneistuskiinnittimen avulla työstettävä kappale on nopea kiinnittää ja asennus on jokaisella kiinnityskerralla mahdollista toteuttaa riittävällä tarkkuudella. Koneistuskiinnittimien avulla koneistettavan kappaleen paikoittaminen työstävän koneen ja työkaluun nähdessä nopeutuu huomattavasti (Koivuluoma, s16).

Koneistuskiinnittimet ovat ratkaisevassa roolissa jauhinterien koneistamisessa, sillä koneistuskiinnittimiä käytetään Terätehtaalla aina koneistettaessa. Terätehtaalla koneistuskiinnittimet tarkoittavat yleensä kokonaisuutta, joka käsittää tukin ja jiggin. Terätehtaalla on myös koneistuskiinnittimiä, jotka käsittävät kuitenkin vain jiggin, kuten kuvan 5 koneistuskiinnitin. Kuvassa 5 on JC-03 kokoluokan koneistuskiinnitin, johon on ladattuna koneistettavat terälohkot. Kuva 5 myös havainnollistaa koneistuskiinnittimen käyttötarkoitusta ja kuinka tärkeä rooli koneistuskiinnittimillä on koneistuksen onnistumisessa.



KUVA 5. JC-03 -koneistuskiinnitin (Kuva: Valtee Juhani 2018)

Koneistuskiinnittimet jaotellaan kahdella eri tavalla. Koneistuskiinnittimet jaotellaan sen perusteella, onko koneistettavana oleva terä staattori- vai roottoriterä. Staattori- ja roottoriterille on omat koneistuskiinnittimensä. Staattori – ja roottoriterien koneistuskiinnittimien jaotteluperusteena käytetään myös koneistettavaa pintaa. Koneistettavan pinnan perusteella kiinnittimet jaotellaan sen perusteella, onko kyseessä jauhinterän hammaspinta vai taustapinta. Taustapinnan koneistusta varten on taustanajo koneistuskiinnittimet ja hammaspinnan koneistusta varten on vastaavasti pinnanajo koneistuskiinnittimet.

Terälohkojen koneistus tehdään kahdessa vaiheessa. Ensin koneistetaan taustapinnat tämän jälkeen hammaspinnat. Terälohkoista koneistetaan ensin taustapinnat, jotta lohkojen mitat vastaisivat loppukäyttäjän jauhimen mittoja. Taustan koneistuksella myös valmistellaan lohkot hammaspinnan koneistukseen. Hammaspinnan koneistusta varten lohkojen koneistettu ja tasainen taustapinta asetetaan hammaspinnan koneistustukkia vasten. Taustanajolla vältetään myös valuvaiheessa syntyneiden valuvirheiden aiheuttamaa mahdollista asennusvirhettä lohkoa asennettaessa tukkiin kiinni. Valuvirheet voivat aiheuttaa lohkon profiilin muutoksia kiristettäessä lohkoa tukkiin kiinni ja kun se myöhemmin vapautetaan. Profiili muuttuu, koska epätasainen pinta aiheuttaa lohkoon sisäisiä jännityksiä virheellisen kiristystiukkuuden tai asennuksen seurauksena tai jos lohkoa pakotetaan väärään asentoon kiristettäessä. Tällöin lohkoon aiheutuu jännityksiä, jotka voivat aiheuttaa muodonmuutoksia lohkoon (Koivuluoma, s.27). Muuttunut teräprofiili näkyy selkeimmin ladattaessa lohkoja tukkiin teräpinnan koneistamista varten. Asennettaessa lohkot pinnanajoa varten koneistuskiinnittimeen, tukin ja lohkojen väliin jää rako, jota ei sallita. Rakoa ei sallita, koska se aiheuttaa värinöitä sekä teräpinnan koneistuksen aikana että loppukäyttäjällä jauhatusprosessin aikana. Lohkojen teräpinta ajetaan, jotta lohkojen hampaiden otsapinta saadaan näkyviin. Teräpinta ajetaan myös, jotta hammaspinnasta tulisi tasainen ja, jotta hammaskorkeus vastaisi vaadittua arvoa.

Terälohkojen saaminen oikealle paikalleen on erityisen tärkeää, sillä pelkästään jigien ja tukin keskeisyys on toleroitu. Tämän lisäksi terälohkojen halkaisijat on toleroitu vastaamaan tilaajan jauhintukin mittoja. Terien taustan – ja pinnanajon avulla voidaan kuitenkin tehdä pieniä kompromisseja, joiden avulla lohkojen mitat saadaan vastaamaan tilaajan tukin mittoja.

Koneistuskiinnittimissä eniten kuluvia kohtia ovat terälohkojen kiinnityspulteille tehdyt reiät ja koneistuskiinnittimien kartioiden sisäpinnat. Kiinnityspulteille tehdyt reiät kuluvat vuosien saatossa todella paljon ja se näkyy kierteiden hampaiden lohkeiluina ja reikien väljyytenä. Koneistukiinnittimiä on sekä kierteisillä rei'illä ja kierteettömillä rei'illä. Nykyisistä koneistuskiinnittimistä ainoastaan staattoreiden pinnanajo tukeissa on kierteiset reiät. Kierteellisillä rei'illä varustettuja koneistuskiinnittimiä on terätehtaalla käytössä vain vähän, sillä reiät ovat herkkiä menemään huonokuntoisiksi.

Kierteiden mennessä riittävän huonoon kuntoon, ei koneistuskiinnitintä voida enää käyttää. Pelkästään jo yhden reiän mennessä niin huonoon kuntoon, että se ei enää pidä kiinnityspulttia kiinni, ei koneistuskiinnitintä voida käyttää. Koneistuskiinnitintä ei voida tämän jälkeen käyttää ennen korjausta, sillä terälohko saattaisi liikkua koneistuksen aikana ja pilata lohkon tai pahimmassa tapauksessa sorvin työkalu tai työkalurevolverin akseli voisi törmätä lohkoon ja aiheuttaa vahinkoa työstävälle koneelle. Kierrereiän mennessä huonoon kuntoon, kyseinen reikä pyritään korjaamaan välittömästi.

4.1 JC-03 historia

Suurin osa Terätehtaan jigeistä ja tukeista on suunniteltu ja valmistettu vuosisadan alussa tai jo 90-luvulla. Koneistuskiinnittimet ovat siis vanhoja ja paljon käytettyjä, minkä vuoksi ne voivat olla jo hyvin kuluneita. Samoin myös alkuperäiset JC-03 -koneistuskiinnittimet (KUVA 6) ovat suunniteltu jo 90-luvun alussa.

Kuvassa 6 näkyvät koneistuskiinnittimet ovat alkuperäiset jigit, joilla on koneistettu staattorin ja roottorin taustapintoja. Kuvassa näkyvät jigit ovat yhä jatkuvassa käytössä ja varsinkin vasemmanpuoleisen jigin sisäpinnalla näkyy käytön aiheuttama kuluma. Jigien kartiot ovat myös venyneet käytön myötä, varsinkin roottorin taustapintojen koneistuskiinnittimissä. Näin on myös käynyt muiden kuin JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimille Terätehtaalla.

Alun perin kuvan 6 jigeissä ei ollut pohjalevyä ollenkaan vaan ne kiinnitettiin karusellisorvin pakkaan vestiraudoilla. Jälkeenpäin jigeihin on hitsattu pohjalevyt, jotta ne saataisiin nopeammin ja tarkemmin asennettua sorvin pakkaan. (Tuotannon työntekijä. Haastattelu. 6.4.2018. Haastattelija Valtee J.)

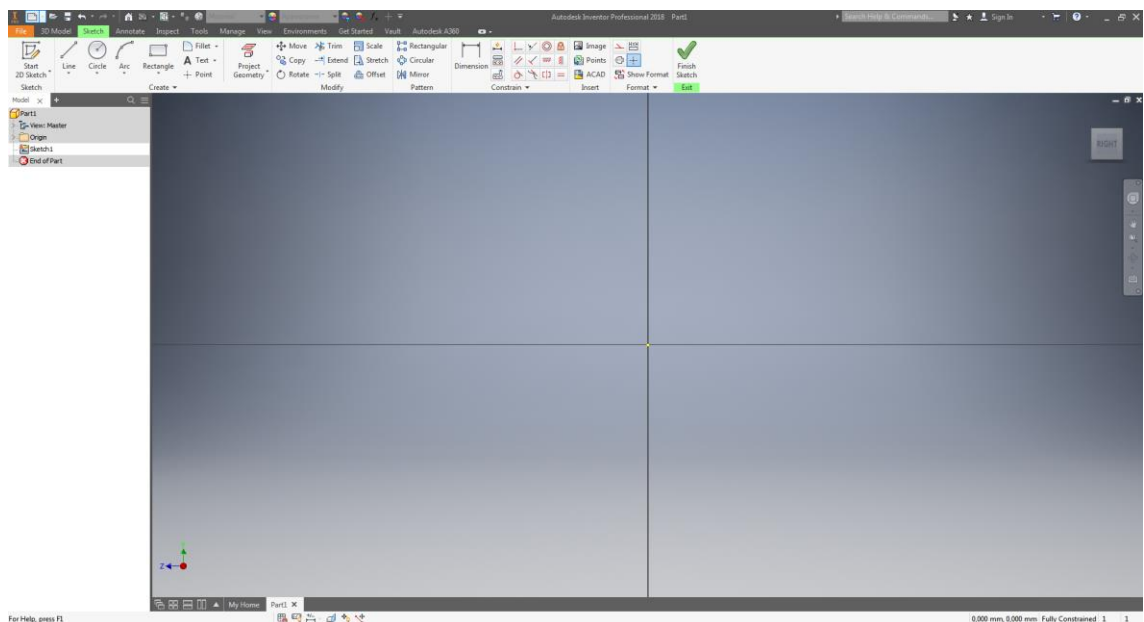


KUVA 6. Alkuperäiset roottori -ja staattorijigit (Kuva: Valtee Juhani 2018)

5 Ohjelmisto

Koneistuskiinnittimien suunnittelussa hyödynnettiin Autodesk Inventor 2018 CAD-ohjelmaa (KUVA 7). Inventor valittiin käytettäväksi tässä opinnäytetyössä, koska Inventor -mallinnusohjelmaa käytetään myös Tampereen ammattikorkeakoulussa ja se oli ennestään tuttu. Koulun käyttämä Inventor on tosin vanhempi versio tässä opinnäytetyössä käytetystä versiosta. Muita yhtä hyviä mallinnusohjelmia olisi myös ollut käytettävissä, mutta tähän työhön Inventor sopi loistavasti. Muita vaihtoehtoisia ohjelmia, joita tässä opinnäytetyössä olisi voinut käyttää avuksi olisivat olleet Catia V5, Solidworks ja Siemens NX. Kaikki nämä kolme ovat myös Tampereen ammattikorkeakoululla käytössä.

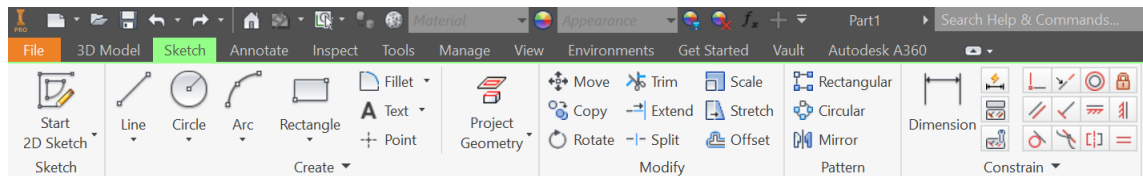
Terätehtaalla suunnittelijat käyttävät avukseen Pro/ENGINEER -ohjelmaa. Mallinnukset muunnettiin ensiksi Pro/E:n käyttämiksi neutraal (neu.) -tiedostotyypeiksi ennen kuin ne voitiin antaa Terätehtaan suunnittelijoille käytettäväksi. Tiedostot muutettiin Inventorin export -työkalua avuksi käyttäen.



KUVA 7. Autodesk Inventor 2018- mallinnusnäkömä

5.1.1 Piirtäminen

Autodesk Inventorilla piirtäminen on varsin helppoa, kunhan siihen perehtyy ensiksi hyvin. Inventorissa kaikki tarvittavat työkalut (KUVA 8) ovat näkyvillä sketsi- eli piirrostilassa ja niiden käyttö on vaivatonta ja yksinkertaista. Esimerkiksi kuvan 11 mukaisen piirroksen piirtämiseen ei tarvita kuin ympyrän- ja viivanpiirtotyökalua (kuvassa 8 circle- ja line -työkalut).



KUVA 8. Työkalut

Kappaleiden mallinnus aloitetaan piirtämällä 2D-malli eli sketsi. Malli pursotetaan tämän jälkeen, jotta mallista tulisi kolmiulotteinen (3D). 3D-malliin voi tämän jälkeen laatia lisää uusia sketsejä, jotta saataisiin halutunlainen rakenne aikaiseksi.

6 Suunnittelu

Koneistuskiinnittimien suunnittelu aloitettiin määrittelemällä, mikä nykyisissä koneistuskiinnittimissä on huonoa, miten niitä voitaisiin parantaa ja miksi tilaaja haluaa uudistaa koneistuskiinnittimet. Nykyiset JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimet ovat suunniteltu jo aikaa sitten. Roottorien koneistuskiinnittimistä oli jo vuonna 2016 tehty aloite, jotta koneistajat saisivat käytännöllisemmät roottorin taustanajo koneistuskiinnittimet. Aloitetta ei kuitenkaan viety koneistajan tekemää suunnitelmaa pidemmälle.

Taustanajo kiinnittimet ovat siis todella vanhoja, mikä sinänsä jo kertoo niiden kuluneisuudesta ja syystä miksi tilaaja haluaa uudistaa kiinnittimet. Lisäksi nykyiset koneistuskiinnittimet ovat epäkäytännöllisiä, koska kiinnittimien vaihtotyö vie paljon aikaa ja vaihtotyön aikana kone seisoo käyttämättömänä. Tämän takia koneistuskiinnittimistä halutaankin useampia toisiaan vastaavia vaihtotukkeja. Useammalla samaan jigiin sopivalla tukilla saavutettaisiin se, ettei turhaa työn keskeytymistä tapahtuisi. Useammalla toisiaan vastaavalla koneistustukilla voitaisiin vähentää tarvetta työn keskeyttämiselle ja keskeytykseen kuluvaan aikaan, sillä koneistaja pystyisi kasaamaan toiseen tukkiin uuden teräsarjan koneistaessaan samaan aikaan vielä edellisen teräsarjan työvaihetta valmiiksi.

Koneistuskiinnittimien suunnittelun aikoihin ei niinkään mietitty työntekijöiden työergonomiaa vaan lähinnä, kuinka koneistus saataisiin hoidettua mahdollisimman nopeasti terien halkaisijoiden pysyessä pyydetyissä mitoissa. Työergonomia, joka on nykyään Valmetilla ja Terätehtaalla yksi tärkeistä arvoista, on yksi syistä miksi juuri vanhat koneistuskiinnittimet halutaan korvata uusilla. Nykyisissä koneistuskiinnittimissä on paljon asioita, joita kehittämällä koneistuskiinnittimet olisivat ergonomisesti ystävällisempiä työntekijöille.

Koneistuskiinnittimien kehittämisellä ei kuitenkaan voida poistaa kokonaan kaikkia koneistajiin kohdistuvia työrasituksia, koska lohkot täytyy jatkossakin kiinnittää käsin ja se on suurin rasituksia työntekijöihin aiheuttava yksittäinen tekijä. Terälohkot painavat pahimmillaan toistakymmentä kiloa ja niitä joudutaan asentaman huonoissa asennoissa, mikä kuormittaa muun muassa koneistajien selkää ja hartiaseutua.

Vanhojen koneistuskiinnittimien terälohkojen kiinnitysratkaisut ovat toinen tekijä, jota kehittämällä voidaan vähentää koneistajiin kohdistuvia rasituksia. Nykyisissä koneistuskiinnittimissä lohkojen kiinnittäminen tapahtuu läpipulteilla, jotka pitää kiristää muttereilla tukin toiselta puolelta vielä erikseen. Tällöin koneistajien täytyy kannatella lohkoja samaan aikaan asetellessaan kiinnityspulttia paikoilleen. Rasituksia koitetaankin vähentää uusissa koneistuskiinnittimissä mm. lohkojen kiinnitysmenetelmillä ja edellä mainituilla toisiaan vastaavilla tukeilla.

Yksi tilaajan toivoma asia oli, että tulevaisuudessa roottorin taustoja ja staattorin pintoja voitaisiin koneistaa käyttämällä samaa jigiiä vaihtamalla ainoastaan tukkia työprosessin vaihtuessa roottorin taustan koneistuksesta staattorin hammaspinnan koneistukseen ja toisin päin. Tämä nopeuttaisi teräsarjaparien saamista valmiiksi koneistuksen osalta. Työvaihe nopeutuisi, sillä nykyisestä työvaiheesta poistuisi tukin ja jigien vaihtoon käytettävä aika. Tosin tämä nopeuttaisi teräsarjan valmistumista vain, jos tarvittavat lohkot olisivat valmiina koneistukseen molemmissa vaiheissa. Tämä tarkoittaisi sitä, että staattori lohkoista olisivat taustapinnat koneistettuina ja roottorin lohkot olisivat valmiina taustapinnan koneistukseen.

Tilaajan toivoma idea pystyttiin toteuttamaan, sillä roottorin taustan ja staattorin hammaspinnan koneistus on pääpiirteittäin samankaltainen. Molemmissa tapauksissa lohkojen halkaisijat pienenevät samassa suhteessa koneistuksen edetessä. Erot ovat koneistuksen lähtöhalkaisijoissa ja koneistusnopeuksissa. Taustapintojen koneistusnopeus on (materiaalista riippuen) yleensä pienempi suuremmasta koneistettavasta pinta-alasta johtuen. Koneistusnopeus on pienempi myös siksi, että hammaspinta halutaan koneistaa suuremmalla syötöllä. Tällä pyritään välttämään hampaiden särmiin syntyvää jäystettä.

Kiinnittimen suunnittelussa hankaluutta aiheuttivat sopivien mittojen löytäminen jigille ja tukille. Tukien suunnittelussa piti miettiä, kuinka tukeista saataisiin mahdollisimman tukevat niiden ollessa samalla mitoiltaan toisiaan vastaavat. Staattorin kartion ylähalkaisija on suurempi kuin roottorin vastaava halkaisija, joten jigien ylempi tukipinta mitoitettiin juuri staattorin tukiulokkeen mittojen mukaan. Tukien ylempien tukipintojen halkaisijoiden ero aiheutti sen, että roottorin tukin tukipinnan tuli olla suhteellisen ulottuva ja pitkän ulokkeen seurauksena tukki saattaa väristä enemmän.

6.1 Roottorin taustapinnan koneistuskiinnitin

Opinnäytetyön suunnitteluvaihe aloitettiin roottorin taustanajo koneistuskiinnittimen suunnittelulla. Suunnitteluvaihe oli monilta osin haasteellisempi verrattuna staattorin koneistuskiinnittimen suunnitteluun (käsitellään kappaleessa 6.2 Staattori). Roottorin koneistuskiinnittimen jigistä suunniteltiin pelkästään viisi erilaista mallia ja tukista vastaava määrä malleja, mutta kuvan 9 koneistuskiinnittimen tukki-jigi yhdistelmä vaikutti toimivimmalta ratkaisulta. Kuvassa 9 näkyy myös jigin nostolenkit ja kiinnityslaput, joilla tukki kiinnitettäisiin jigiin.



KUVA 9. Koneistuskiinnitin. Tukki ja jigi on värjätty eri väreillä, jotta ne erottuisivat toisistaan paremmin. Kuvassa näkyy myös nostolenkit ja tukin kiinnityslaput

6.1.1 Pohjalevy

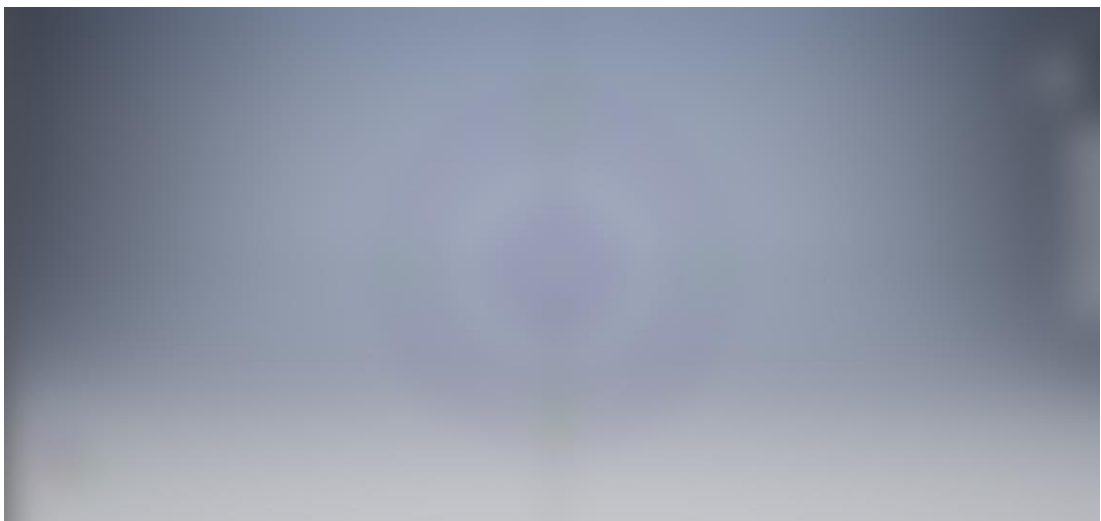
Koneistuskiinnittimen kehittäminen Inventorilla aloitettiin jigin pohjalevyn piirtämisellä (KUVA 10). Pohjalevyn suunnittelun ja mitoittamisen onnistuminen oli välttämätöntä koneistuskiinnittimen kannalta, sillä pohjalevy on koneistuskiinnittimen osa, joka kiinnittyy karusellisorvin pakkaan. Jos pohjalevy ja pakka eivät ole keskenään sopivia ei koneistuskiinnitintä voisi käyttää. Pohjalevyn suunnittelu ei kuitenkaan ollut haasteellista vaikkakin se on kriittinen osa koneistuskiinnitintä. Pohjalevyn suunnittelun teki helpoksi pohjalevylle annetut tietyt mitat, jotka pakottivat ulkomuodon olemaan muutamaa poikkeutta lukuun ottamatta samankaltainen kuin nykyisten koneistuskiinnittimien pohjalevyt.

Kriittisimmät alueet suunnittelussa olivat kiinnitystä varten tehtävät pultinreiät ja kohdistusreikä. Pultinreikien täytyy olla oikeassa linjassa karusellisorvin pakan pulttiurien (kuvassa 5 näkyy karusellisorvin pakan pulttiurat) kanssa, jotta koneistuskiinnitin olisi mahdollista kiinnittää pakkaan. Pultinreikien lisäksi koneistuskiinnittimen kohdistusreikä (kuvassa 10 kappaleen keskellä) on oleellinen kohta pohjalevyssä. Kohdistusreiän avulla koneistuskiinnitin asetetaan oikealle kohdalleen tarkasti karusellisorvin pakan napaan.

Pohjalevyn piirtäminen oli helppoa, kuten kuvasta 11 selviää. Mallin piirtämiseen käytettiin Inventorin ympyrän- ja viivanpiirtotyökalua. Sketsin ollessa valmis se pursotettiin extrude -toimintoa käyttäen. Kun pursotus oli valmis, pohjalevystä tuli kuvan 10 mukainen.



KUVA 10. Pohjalevy



KUVA 11. Pohjalevyn sketsi

6.1.2 Jigi

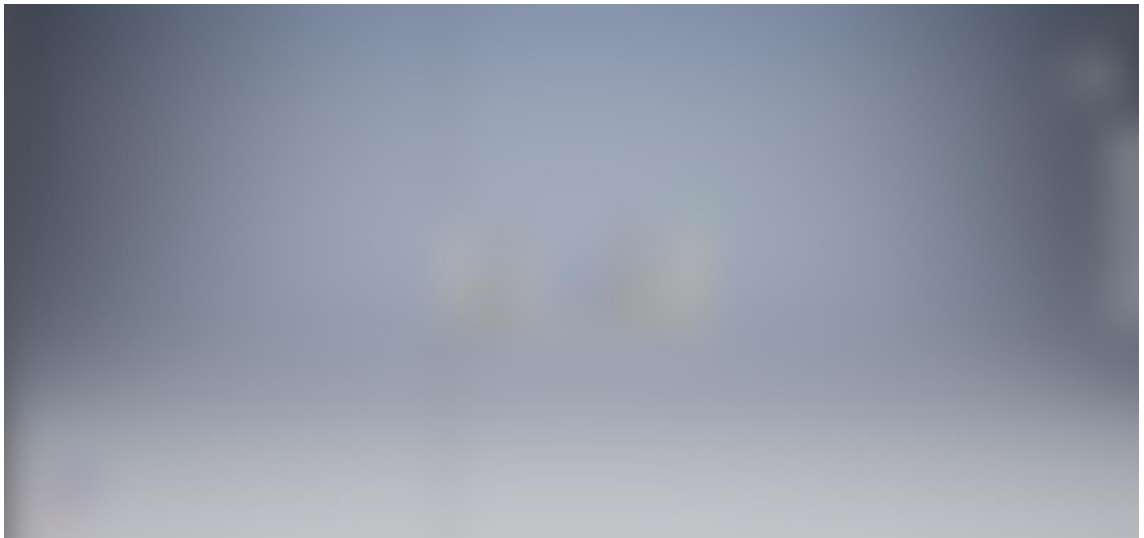
Jigin piirtäminen voitiin aloittaa, kun pohjalevy oli saatu mallinnettua. Jigin mallinnus aloitettiin vasta pohjalevyn mallinnuksen jälkeen, koska jigin tukivarret piirrettiin alkamaan pohjalevystä (KUVA 12 ja 13.). Ennen kuin jigin suunnittelemisessa voitiin edetä, piti ottaa tarkasteluun asiat, jotka asettavat jigille tietyt reunaehdot.

Pohjalevyn halkaisija määrittä tukivarsille etäisyyden, joilla ne voisivat enimmillään olla pohjalevyn keskipisteestä. Tukivarsien etäisyyksien rajoittaminen tiesi myös koneistustukin ylemmän tukipinnan halkaisijan olevan rajallinen. Jigin korkeus oli myös rajoittava tekijä suunnittelemisessa vaikkakaan jigille ei oltu asetettu tiettyä maksimi korkeutta. Jigin korkeutta rajoittava tekijä oli Terätehtaan pienimpien karusellisovien fyysiset mitat. Pienimpien karusellisovien pakan ja poikkikelkan välinen etäisyys on pienempi kuin suurimpien karusellisovien, ja näin ollen pienempien karusellisovien ulottuvuus on pienempi. Suunnittelussa käytettiin pienimpien koneistusyksiköiden mittoja. Kun tukivarsi oli piirretty oikeaan mittaan, piirretty sketsi tukivarresta pursotettiin. Pursotuksen jälkeen tukivarret voitiin monistaa symmetrisesti (KUVA 12 ja 13) pysty akselin (kuvassa 13 sinisellä) ympäri tasaisin välein pohjalevyn reunalle.

Koneistustukin tukipinnat tehtiin käyttämällä revolve -toimintoa. Revolven avulla piirretty sketsi (KUVA 13) voidaan pyöryttää oman akselinsa ympäri ja muodostaa haluttu rakenne. Tässä yhteydessä revolve -toiminnolla saatiin toteutettua tukipinnat, joihin koneistustukki tukeutuu (kuvassa 12 ympyrän muotoiset pannat).



KUVA 12. Jigi



KUVA 13. Tukipintojen sketsi

6.1.3 Tukki

Koneistuskiinnittimen tukin suunnittelu oli tarkka ja haastava osuus. Tukin haluttiin olevan tukeva ja samalla sen haluttiin olevan mahdollisimman vähän värisevä ja värinöitä resonoiva. Tukista haluttiin vähän resonoiva, jotta koneistuksen aikana syntyvät värinät pysyisivät mahdollisimman vähäisinä. Värinöiden karsimisessa tärkeimpiä seikkoja olivat tukipintojen välinen etäisyys, ylemmän tukipinnan ja tukin suuaukon välinen etäisyys sekä tukin alaosan rakenne. Jos tukin rakenteessa olisi sellaisia kohtia, joissa tukki olisi ”tyhjän päällä” liian suurelta matkalta syntyisi tukkiin helposti värinöitä ja se näkyisi koneistusjäljessä. Tukin alaosan aiheuttamia värinöitä pyrittiin vähentämään osittain suljetulla rakenteella ja tukin alaosassa sijaitsevalla tukipinnalla. Tukin alaosaan tehtiin raot, joista koneistuksessa syntyvät metallilastut poistuisivat eivätkä jäisi tukin sisälle haittaamaan koneistusta.

Tukin muoto pysyi pääpiirteittäin lähes samankaltaisena kuin se jo alustavissa mielikuvissa nähtiin opinnäytetyön alusta loppuun saakka. Tukin muotoa ei tarvinnut muuttaa paljoa, sillä sen havaittiin olevan toimiva eikä tukin pääpiirteitä olisi voitu paljoa muuttaa toimivuuden ja mittojen kärsimättä. Tukipintojen sijaintien pitivät olla sellaiset, ettei kartioon synny kohtia, joissa tukipintojen välinen etäisyys kasvaisi liian suureksi. Suuri etäisyys aiheuttaisi kuvan 14 piirretyn punaisen nuolen kohdalle suuria jännityksiä. Tällaisia pisteitä syntyisi, jos kuvassa 14 näkyvät kartion tukipinnat (kuvassa 14 rajattuna mustalla) olisivat sijainneet kauempana toisistaan tai jos esimerkiksi tukin alaosassa ei olisi ollenkaan tukipintaa.



KUVA 14. Tukin rakenteen sketsi. Mustalla ympyröity kartion tukipinnat ja tähdet ovat merkattu hahmottamaan kiinnitysruuvien paikkoja. Punainen nuoli osoittaa pistettä, jossa rasitus on suurinta tukipintojen välillä.



KUVA 15. Tukki ja sen kohdistuspalat. Kuvassa näkyvät myös lohkojen kiinnitysreiät

Kuvassa 15 näkyvät tukin kohdistuspalat, joiden avulla tukin asentamista helpotettaisiin ja tukki istuisi oikein ja tarkasti paikalleen jigiin. Kohdistuspalat näkyvät kuvassa 15 ylempään tukipinnan alla molemmin puolin. Tukipinnat tehtiin samaan kulmaan, kuten tukin kartiokulmakin on. Tukipinnat tehtiin kulmaan, jotta tukki asettuisi mahdollisimman tarkasti kohdakkain jigin kanssa ja, jotta tukki ja jigi olisivat varmasti myös yhdensuuntaisesti toisiinsa nähden. Tukin kiristämiseksi jigiin vaaditaan lisäksi vähemmän voimaa tukipintojen ollessa kartiokulmassa.

6.2 Staattori

Staattorin koneistuskiinnittimen uudistamisen takana oli sama idea kuin roottorin koneistuskiinnittimelläkin. Tarkoituksena oli kehittää koneistuskiinnitin useammalla toisiaan vastaavalla koneistustukilla (KUVA 18), jotka mahdollistaisivat työn keskeytyksen lyhennemisen ja toisen teräsarjan lataamisen vapaaseen tukkiin koneistettaessa samalla toista teräsarjaa.

Staattorin koneistuskiinnittimen suunnitteleminen (KUVA 16) oli helpompaa verrattuna vastaavaan roottorin kiinnittimeen johtuen staattorin kartiosta (tukista). Staattorin tukki, joka on ylhäältä alaspäin avautuva toisin kuin roottorin, helpotti koneistuskiinnittimen suunnittelua paljon.



KUVA 16. Staattorin taustanajo koneistuskiinnitin nostolenkeillä

6.2.1 Pohjalevy

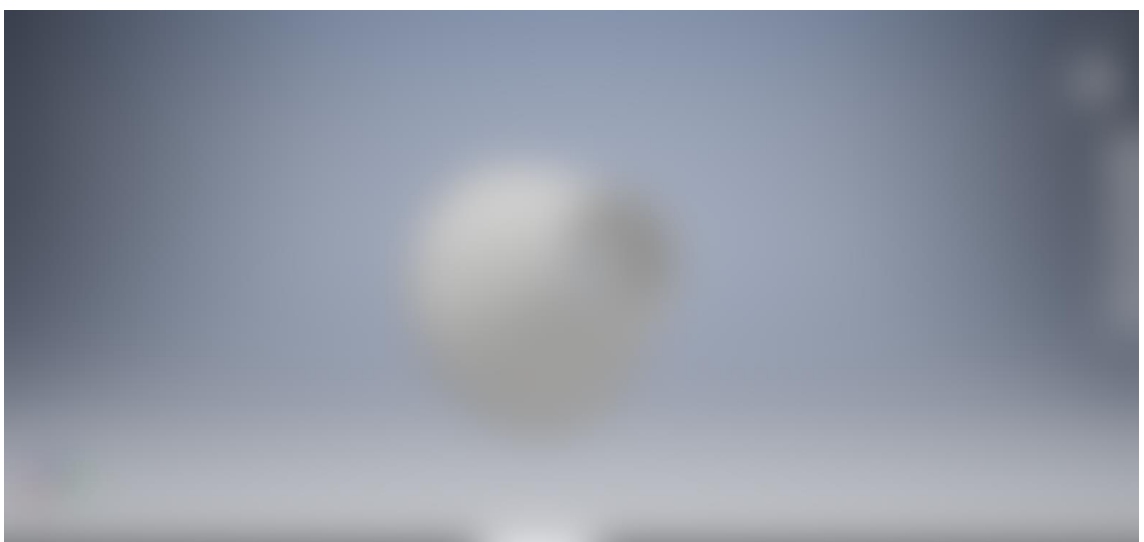
Staattorin pohjalevynä (KUVA 17) käytettiin samaa pohjalevyä, joka suunniteltiin roottorin koneistuskiinnittintä varten. Roottorin pohjalevyä käytettiin, koska pohjalevyn mitat ja toiminta ovat kaikissa koneistuskiinnittimissä samanlainen. Staattorin pohjalevyä jatkettiin pursottamalla pohjalevyyn akseli, johon tukki kiinnittyisi. Tukki ja pohjalevy suunniteltiin rinnakkain samaan aikaan, vaikka tässä opinnäytetyössä tukin suunnitteleminen tulee pohjalevyn jälkeen (kohdassa 6.2.2 Tukki). Koneistuskiinnitin suunniteltiin niin, että siinä olisi kaksi tukipintaa, joista ylempi tukipinta samalla kannattelisi tukkia, että kohdistaisi tukin. Alempi tukipinta vain kohdistaisi tukin. Kahdella tukipinnalla koneistuskiinnittimen rakenteesta saataisiin tukevampi ja vähemmän värisevä.



KUVA 17. Pohjalevy

6.2.2 Tukki

Tukin suunnitteleminen staattorin taustanpinnan koneistukseen oli helpompaa, kuten jo aikaisemmin kerrottiin. Tämä johtui kartion muodosta, joka on staattorin taustanajo tukissa alhaalta päin sulkeutuva. Alhaalta päin sulkeutuvan kartion ansiosta tukki kestää enemmän värinöitä. Tukin suunnittelussa ei tarvinnut miettiä niin paljoa tukipintojen sijainteja. Tukipinnat sijaitsevat kartion pohjalla ja kuten kuvassa 18 näkyy kartion yläosan suuaukon lähellä. Tukin kartio mallinnettiin Inventorin revolve -toimintoa käyttämällä. Kartioon tehtiin tämän jälkeen kierrereiät lohkojen kiinnittämistä varten.



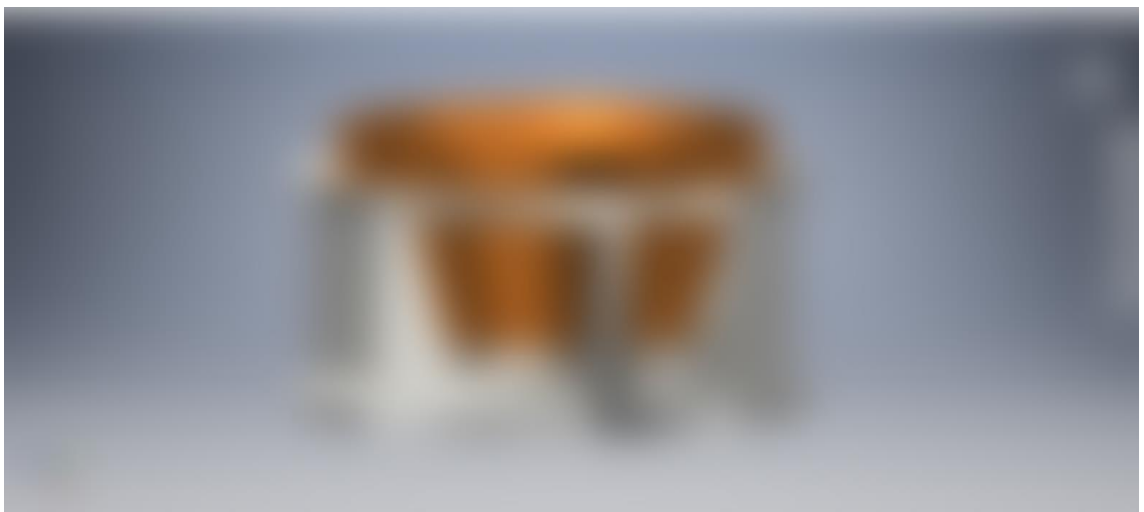
KUVA 18. Tukki

6.3 Yhdistelmäkoneistuskiinnitin

Yhdistelmäkoneistuskiinnittimen kehittämisen tarkoituksena oli suunnitella koneistuskiinnitin, jota käyttämällä voitaisiin koneistaa sekä staattorin hammaspintoja että roottorin taustapintoja samalla jigillä. Tämä onnistuisi ainakin teoreettisesti samalla jigillä, sillä staattorin pinta- ja roottorin taustanajo koneistustukit ovat hyvin samankaltaisia. Toisaalta koneistuskiinnittimen suunnittelua aloitettaessa ajateltiin sen olevan liian vaikea toteuttaa johtuen tukkien kokoeroista. Kokoerot ovat lähinnä tukkien syvyydessä (tukin ylä -ja alapinnan välinen etäisyys) ja suuaukon halkaisijoissa. Staattorilla nämä mitat ovat hieman suuremmat kuin roottorilla, mutta erot olivat kuitenkin niin pieniä, että koneistuskiinnittimen suunnittelu oli mahdollista. Jigille ja tukeille löydettiin yhteiset mitat ja koneistuskiinnittimistä saatiin kuvien 19 ja 20 mukaiset.



KUVA 19. Roottori. Kuvassa ei ole nostolenkkejä eikä kiinnityslappuja



KUVA 20. Staattori. Kuvassa ei ole nostolenkkejä eikä kiinnityslappuja

6.4 Tukkien kiinnitys jigeihin

Tukkien kiinnittäminen jigeihin suunniteltiin toteutettavaksi kiinnityslapuilla ja kiinnityslevyillä. Roottorin taustapintojen tukit (KUVA 15 ja 19) sekä staattorin hammaspinnan koneistustukki (KUVA 20) kiinnitettäisiin kiinnityslapuilla (KUVA 21). Staattorin taustapinnan koneistustukki kiinnitettäisiin kiinnityslaikalla (KUVA 22).



KUVA 21. Kiinnityslappu



KUVA. 22 Kiinnityslaikka

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimet, jotka nopeuttaisivat lohkojen vaihtotyötä, olisivat ergonomisempia ja ne korvaisivat vanhat ja kuluneet koneistuskiinnittimet. Vaikka työtä ei ollut mahdollista saada käytännön asteelle saakka opinnäytetyön laatimisen aikana, saa työn tilaaja mallit, joista on tulevaisuudessa mahdollista toteuttaa käytännön koneistuskiinnittimet.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui useampi malli JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimiä. Opinnäytetyön avulla työn tilaaja pystyy viemään eteenpäin koneistuskiinnittimien kehitystyötä, jota tilaajan liiketoiminta vaatii. Tilaaja yrityksen koneistuskiinnittimien kehitystyön tulee olla jatkuvaa, jotta tilaaja pystyy tarjoamaan jauhinteriä kuluttajille entistä nopeammalla toimitusajalla jauhinterien laadun kärsimättä. Kehitystyötä voidaan opinnäytetyön perusteella jatkaa myös työergonomian suuntaan, jotta työntekijöihin kohdistuvia rasituksia voitaisiin vähentää.

Opinnäytetyö tehtiin lopulta JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimille, jotka ovat vain yksi kokoluokka Terätehtaan jauhinteristä. Opinnäytetyön tietoja voidaan kuitenkin soveltaa myös muihinkin kuin pelkästään JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimiin, sillä koneistuskiinnittimissä siirryttäessä toiseen kokoluokkaan kasvaa ainoastaan lohkojen mitat. Tilaaja voisi siis käyttää työtä avuksi tulevaisuudessa muiden kokoluokkien koneistuskiinnittimien kehittämiseen, jos ja kun se tulee olemaan aiheellista.

Isomman kokoluokan koneistuskiinnittimien suunnittelussa haasteeksi koituisi kuitenkin suuremmat voimat koneistuksen aikana. Tämän takia työn tilaaja haluaisi uudistaa ensin pienemmän kokoluokan koneistuskiinnittimet todetakseen kehitettyjen mallien toimivuuden käytännössä. Tämän jälkeen työn tilaaja voisi siirtyä suurempien kokoluokkien koneistuskiinnittimien kehittämiseen.

Terätehtaalla koneistuskiinnittimien kehittämisen haasteena oli myös se, että nykyään jauhinteriä valmistetaan yksittäisten tilauksien perusteella eikä teriä valmisteta enää sarjatuotantona. Terätehtaalla lisäksi mietittiin kahden tukipinnan tuomaa haastetta. Koneistuskiinnittimissä toivotaan yleensä olevan mahdollisimman niukasti tukipintoja. Tukipinnat lisäävät asennusvirheen mahdollisuutta, sillä tukipinnat täytyy aina pitää puhtaina liasta. Tukipintojen välissä oleva lika voi aiheuttaa koneistuskiinnittimen virheellisen asennuksen.

Opinnäytetyön laajuuden vuoksi aihe rajattiin JC-03-kokoluokan koneistuskiinnittimiin ja siltikin aihetta rajattiin opinnäytetyön aluksi koskemaan vain roottorin ja staattorin taustapintojen koneistuskiinnittimiä. Kuitenkin myöhemmin työn edetessä rajauksesta luovuttiin ja mukaan otettiin yhdistelmäkonestuskiinnittimen kehittäminen.

Työ oli kiinnostava ja työtä oli mukava tehdä, sillä Terätehtaan toimihenkilöiltä sekä työntekijöiltä sai aina neuvoja, mielipiteitä ja kommentteja, kun niitä tarvitsi.

LÄHTEET

Joensuu, J. 2017. Kaksoiskartiojauhimen toiminnan parantaminen havupuumassan jauhatuksessa hienopaperikoneella. Diplomityö. Luettu 10.3.2018.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134888/Diplomity%C3%B6_Joensuu_Jaakko.pdf?sequence=2

Koivuluoma, K. 2017. Hydraulinen koneistuskiinnitin modulaarisella toimintaperiaatteella. Opinnäytetyö. Luettu 5.4.2018.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126455/Koivuluoma_Kimmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valkeakosken Sanomat. Terätehtaan 40-vuotisjuhla. Luettu 5.1.2018

<https://www.valkeakoskansanomat.fi/puheenvuoro/teratehdas-nousi-ykkoseksi-muuttamalla-jos-nain-ei-olisi-ei-tama-tehdas-olisi-ena-suomessa-200221894/>

Valmet. Valmet Suomessa.2018a Luettu 2.3.2018

<https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-suomessa/>

Valmet. Vuosikatsaus 2018b. Luettu 9.4.2018

<https://www.valmet.com/globalassets/investors/reports--presentations/annual-reports/2017/valmet-vuosikatsaus-2017.pdf>

Wikipedia. Valmet. 2018a. Luettu. 2.3.2018.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Valmet>

Wikipedia. Yhtyneet Paperitehtaat. 2018b Luettu 7.2.2018

https://fi.wikipedia.org/wiki/Yhtyneet_Paperitehtaat

LIITTEET

Liite 1. Roottorin taustanajo koneistustukki



Liite 2. Roottorin taustanajo jigi



Liite 3. Staattorin taustanajo tukki



Liite 4. Staattorin taustanajo pohjalevy



Liite 5. Roottorin taustanajo koneistuskiinnitin



Liite 6. Staattorin taustanajo koneistuskiinnitin



Liite 7. Yhdistelmäkoneistuskiinnitin roottorintausta



Liite 8. Yhdistelmäkoneistuskiinnitin staattoripinta

