

Ilkka Hellsten

**HIOMAKONEEN TYÖKALUN SUUNNITTELU JA PROTOTYYPPI-
TESTAUS**

HIOMAKONEEN TYÖKALUN SUUNNITTELU JA PROTOTYYPPI- TESTAUS

Ilkka Hellsten
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Ilkka Hellsten

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Hiomakoneen työkalun suunnittelu ja prototyyppitestaus

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Design and prototype testing of grinding machine tool

Työn ohjaaja: Petri Junttila

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 36 + 0 liitettä

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin hiomakone valmiin moottorin ympärille työkaluineen horisontaalisella akselilla ja valmistettiin ensimmäiset prototyypit ja tehtiin alustavat testit toiminnasta. Työ tehtiin Picote Solutions Oy Ltd -yritykselle. Työssä käytettiin toimeksiantajan patentoimia rakenteita ja asiantuntemusta koneenrakennuksessa. Tavoitteena oli saada toimiva kokonaisuus, jota voidaan alkaa sarjavalmistamaan ja myymään asiakkaille.

Työn aloituksessa ideoitiin opinnäytetyön tuloksena syntyvän hiomakoneen toimintaperiaatetta, ulkonäköä ja teknisiä ratkaisuja muun henkilökunnan kanssa. Näiden ideoiden pohjalta aloitettiin mallintamaan osia 3D-suunnitteluohjelmistolla. Työskentelyn aikana mallia tarkasteltiin muiden yrityksen työntekijöiden kanssa ja mietittiin osien valmistusta ja kokonaisuuden käyttöturvallisuutta. Tarkastelun tuloksena tekniset ratkaisut hyväksyttiin ja yrityksen päättävät elimet antoivat hyväksynnän turvallisuudesta. Kun malli oli saatu haluttuun vaiheeseen, tehtiin osista alihankkijoille piirustuskuvat, joiden perusteella tilattiin osat prototyypejä varten. Kun osat olivat valmiina, päästiin rakentamaan ensimmäiset prototyypit hiomakoneesta ja sen työkaluista. Prototyyppien rakentamisen jälkeen suoritettiin alustavat testit tuotteen toiminnasta ja tehtiin tarpeelliset muutokset rakenteisiin täydellisen kokoonpantavuuden ja toiminnan mahdollistamiseksi.

Työn tuloksena syntyi tarvittavat dokumentit osien valmistukseen, toimiva prototyyppi sekä käsitys työkalun tehosta ja toimivuudesta. Lopuksi pohdittiin muiden työntekijöiden kanssa työkalun tulevaisuutta. Työkalu todettiin tuotantokelpoiseksi ja sitä aletaan markkinoimaan urakoitsijoille alan messuilla.

Asiasanat:

laitteistot, mekaniikka, suunnittelu

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajayritystä Picote Solution Oy Ltd:tä työpaikasta ja luottamuksesta nuorta suunnittelijanalkua kohtaan. Kiitän tuotekehityspäällikkö Lauri Kellokumpua, joka mahdollisti tämän kaiken kysymällä muutama vuosi sitten kiinnostuksestani kesäpojan paikasta. Kiitän yrityksen perustajajäsen Mika Lokkista, jonka kanssa pääsemme hyvin samalle taajuudelle teknisissä asioissa. arvostan suuresti sitä, ettei hänelle tarvitse kahta kertaa esitellä keksimääni teknistä ratkaisua. Olen myös kiitollinen saamastani luottamuksesta ja mahdollisuudesta päästä suunnittelemaan innovatiivisesti ja rohkeasti uutta.

Kiitän perhettäni Miraa ja Verttiä ymmärryksestä opiskelun, töiden ja ikuisen remontin yhdistämisen vaikeudesta. Ilman teidän ymmärrystänne ja tukeanne ei tätä kaikkea olisi saatu toteutettua. Kiitän myös läheisiäni taloudellisesta tukemisesta opiskelujen aikana.

Koululle kiitos saamastani opetuksesta. Ei se insinööriksi opiskelu nyt niin vaikeata ollutkaan. Kiitän Fazer Amicaa maittavista ja edullisista lounaista, jotka kasvattivat minua ihmisenä.

Oulussa 28.5.2019

Ilkka Hellsten

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 HIOMAKONEIDEN NYKYHETKI, PATENTIT SEKÄ RISKIT	7
2.1 Olemassa olevat hiomakoneet	7
2.2 Patentoidut työkalut	8
2.3 Riskien arviointi suunnittelussa	11
3 HIOMAKONEEN OSIEN JA KOKOONPANOJEN SUUNNITTELU	15
3.1 Rungon suunnittelu	16
3.2 Työkalut	18
3.2.1 Paneelinpidin	18
3.2.2 Raappa	20
3.2.3 Lanka	24
4 PROTOTYYPPI	26
4.1 Osien valmistus	26
4.2 Kokoonpano	26
4.3 Testaus	31
5 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Picote Solutions Oy -yritykselle. Yritys on erikoistunut viemärisaneeraukseen käytettävien työkalujen valmistukseen, suunnitteluun ja kehittämiseen. Yritys on yksi johtavimmista yrityksistä alallaan, ja se on ollut käynnistämässä Suomessa kiinteistöjen sisäisten viemäreiden sukitusta 1990-luvulla. Opinnäytetyön suunnittelu on tehty työsuhteessa Picote Solutions Oy:lle. Opinnäytetyön tekijä toimii yrityksessä tuotekehityksessä suunnittelijana. (Lokkinen 2019.)

Tässä opinnäytetyössä kuvataan tuotekehitysprosessia, jossa suunnitellaan kulmahiomakoneeseen lisäosiksi kolme erilaista hiontatyökalua ja teräsuoja. Tuotteella tulisi voida hioa erilaisia materiaaleja ja poistaa maalia ja muita pinnoitteita. Tuotteen tulisi olla turvallinen käyttää, tehokas ja tyylikäs. Työkaluissa käytetään toimeksiantajalle patentoituja työkalujen toimintaperiaatteita.

Alustavien ideointien jälkeen jaetaan suunnittelutyö osiin. Ensimmäiseksi työssä mallinetaan valmistettavat komponentit Solidworks-ohjelmistolla ja todetaan niiden teoreettinen toiminta. Tämän jälkeen mallin perusteella tuotteelle tehdään riskienarviointi ja mallin muutosmahdollisuuksia pohditaan. Kun lopullinen malli on päätetty, tehdään kaikista osista ja kokoonpanoista 2D-piirustukset ja niiden perusteella tilataan prototyyppejä varten osat. Osien valmistuttua suoritetaan kokoonpano ja tuotetta testataan käyttötarkoituksessaan.

Suunnittelutyön ja testauksien päätyttyä valmis laite esitellään toimeksiantajalle ja sen tulevaisuutta pohditaan yhdessä. Valmista laitetta voidaan alkaa markkinoimaan urakoitsijoille ja sille voidaan etsiä muita myyntikanavia. Työn tuloksina syntyvät dokumentit luovutetaan toimeksiantajalle.

2 HIOMAKONEIDEN NYKYHETKI, PATENTIT JA RISKIT

2.1 Olemassa olevat hiomakoneet

Markkinoilla on monenlaisia käsikäyttöisiä hiomakoneita ja -työkaluja. Näistä yleisimmät lienevät porakoneeseen tai kulmahiomakoneeseen liitettävät työkalut. Niiden etuna on käyttölaitteena laajimmin esiintyvät sähkötyökalut, joita on hyvin monissa kotitalouksilta ja lähes kaikista yrityksistä. Huonona puolina mainittakoon voimakkaat työstövoimat, jotka voivat myös yllättäen vaihtaa suuntaa koneen asennon muuttuessa.

Markkinoilla on myös erityisesti hiomiseen tarkoitettuja työkaluja. Näistä yksi on epäkeskohiomakone, jossa laakeroitua akselia liikutetaan pienellä kehäradalla, joka saa pyöreän hiomapaperin liikkumaan ikään kuin pyörivin liikkein edestakaisin. Pyörivä liike hioo pintaa ilman, että se aiheuttaa voimakkaita työstövoimia työkaluun tai epätoivottuja hiontajälkiä työstettävään kappaleeseen. Epäkeskohiomakoneella ei kuitenkaan voi hioa kuin kohtuullisen tasaisia pintoja, eikä se sovi kovin ahtaisiin väleihin. Epäkeskohiomakoneessa hiomapaperi on yleensä tarrakiinnityksellä kiinni, jolloin se on nopeasti vaihdettavissa. Laitteeseen voi myös kiinnittää kiillotustyynyjä, joilla voi kiillottaa metalleja tai maalipintoja. (Savitie – Talvitie 2018.)

Toinen yleinen hiomakone on tasohiomakone. Siitä on erilaisia versioita, joissa lähinnä hiomapaperin muoto vaihtelee. Hiominen perustuu tärisevään hiomapaperiin. Osassa näistä laitteista hiomapaperi kiinnittyy tarrakiinnityksellä ja osassa hiomapaperi leikataan rullalta ja kiinnitetään päistään koneeseen. Yksinkertaisen rakenteensa vuoksi tasohiomakone on melko yleinen. Tasohiomakone sopii vain tasaisille pinnoille. (Savitie – Talvitie 2018.)

Epäkesko- ja tasohiomakoneita harvinaisempi hiomakonetyyppi on nauhahiomakone. Sen etuna on tehokkuus ja yhdensuuntaiset työstövoimat. Nauhahiomakoneita on käsikäyttöisiä ja pöytään kiinteästi asennettavia, joissa työstettävää kappaletta pidetään kädessä hiomakoneen sijaan. Kone hioo tehokkaasti puuta ja muita pehmeitä materiaaleja, joten lyhyenkin hetken jälkeen samalla paikalla ollessaan kone on hionut materiaalia jopa millegä. Tämän vuoksi käsikäyttöisen nauhahiomakoneen käyttäjän tulee olla varovainen eikä tätä hiomakonetyyppiä suositella aloittelijalle. Nauhahiomakone tekee voimakkaita,

yhdensuuntaiset hiomanaarmut. Tätä hiomakonetyyppiä käytetään lattian ja muiden suurien pintojen hionnassa. (Savitie – Talvitie 2018.)

Ammattikäyttöön markkinoilla on myös horisontaalisella akselilla olevia hiomalaitteita, joista esimerkkinä kuvassa 1 näkyvä Makita 9741 -työkalu. Horisontaalisella akselilla olevan hiomakoneen etuna on leveä työstöpinta, vaihdettavat harjamateriaalit, yhdensuuntainen työstövoima sekä mahdollisuus epätasaisuuksiin hyvin muotoutuvat työkalut. Valitusta harjatyyppistä riippuen hellävarainen tai tehokas. (Harjahiomakone 9741. 2018.)



KUVA 1. Makita 9741 -hiomakone (Harjahiomakone 9741. 2018)

2.2 Patentoidut työkalut

Picote Solutions Oy:lla ja sen omistajajäsenillä on omistuksessaan patenteja työkaluihin, joilla saneerataan asuinkiinteistöjen viemäriputkistoja purkamatta putkistoja tai rakenteita, mikä on normaalin putkiremontin vaatima tapa. Näitä patentoituja työkalutyyppejä

käytetään opinnäytetyön tuloksena syntyvän hiomakoneen työkaluina. Patentoitujen työkalujen tuotanto on hyvässä käynnissä, joten kulutusosien hinta pysyy alhaisena massatuotannon avulla. Alkuperäisessä käyttötarkoituksessa näitä patentoituja työkaluja käytetään taipuisan akselin päässä, mikä mahdollistaa niiden käyttämisen jopa yli 30 metrin päähän putken sisään lukuisien mutkien lävitse.

Tunnetuin vaijerin päässä pyöritettävistä työkaluista viemärisaneerausalalla on kuvassa 2 oleva Smart Cutter™. Sen tehokkuus perustuu karkeisiin hiomapaperipaneeleihin, jotka pyörivät keskiön mukana putken sisällä. Tällöin hiomapaperi hankaa putken sisäpintaa puhdistuen ja hioen sieltä pois epäpuhtauksia. Näitä työkaluja on saatavilla monille eri kokoisille putkille 32 millimetristä aina 200 millimetriin asti. Keskiöitä on erilaisia ja erikokoisia, joista pienimmissä on vain kaksi hiomalehteä ja isoimmissa kahdeksan. (Lateral Cutters. 2018.)



KUVA 2. Smart Cutter™ (Lateral Cutters. 2018)

Toinen patentoitu työkalu kuvassa 3 on The Smart Spider. Tämä työkalu on tarkoitettu viemäriputkien sisäpinnan puhdistamiseen, kuten Smart Cutter™. The Smart Spiderissa on keskiön kehälle kiinnitetty muotoiltuja jousijalkoja, jotka puristavat putken sisäpintaan ja hellävaraisesti hankaavat putkea puhtaaksi. Tämä työkalu on kehitetty puhdistamaan vaurioituneita putkia, joista saattaa puuttua jopa kolmasosa seinämästä. Jousen muotoilulla on saavutettu erittäin hyvin keskittävä ja hellävarainen työkalu. Saatavilla olevien rajumpien työkalujen kanssa ongelmaksi muotoutuu työkalun ajautuminen ulos reiästä. Ulos ajautumisen seurauksena työkalu jumiutuu ja pahimmillaan rikkoo putken entistä pahemmin. (Drain Cleaning. 2018.)



KUVA 3. The Smart Spider (Drain Cleaning. 2018)

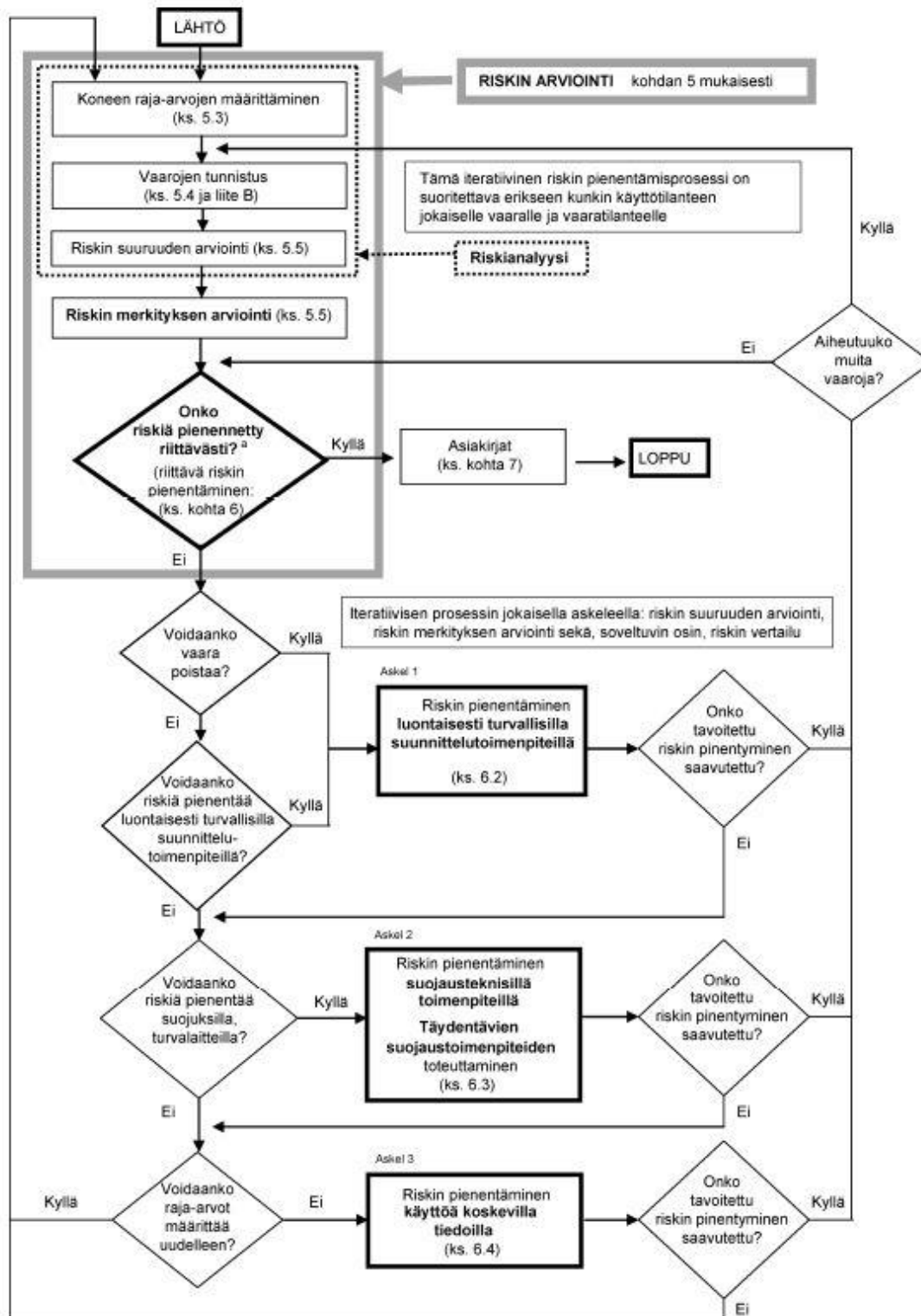
2.3 Riskien arviointi suunnittelussa

Riskeillä tarkoitetaan mahdollisia onnettomuuksia ja tapaturmia, joita voi aiheutua laitteen väärän käytön tai rikkoontumisen seurauksena. Riskien arviointi on näiden riskien tapahtumatodennäköisyyksien arviointia. Koska opinnäytetyön aihe on käsikäyttöinen työkalu, käsiteltiin koneturvallisuuden riskien arviointia ja niiden pienentämistä suunnittelun keinoin.

Kun suunnitellaan uutta laitetta, mietitään aina suunnittelun yhteydessä mahdollisia laitteen aiheuttamia riskejä. Riskejä voivat olla loukkaantumiset, tulipalot, omaisuuden vahingoittuminen tai pahimmassa tapauksessa kuolema. Kun kyseessä on pyörivä kone, on suurimmat riskit käyttäjän vahingoittuminen terän tai sieltä lentävän partikkelin osuessa käyttäjään. Myös ulkopuoliset henkilöt ovat vaarassa saman riskin takia, etenkin jos ympärillä olevat eivät huolehdi riittävästä etäisyydestä työtä tekevään henkilöön. Suunnittelussa pyritään aina minimoimaan syntyvät onnettomuudet. Täytyy kuitenkin muistaa, että hiomakone on tarkoitettu hiomiseen. Tämän vuoksi työkalussa on aina esillä hiova pinta, mikä mahdollistaa väärinkäytön yhteydessä tapahtuvat onnettomuudet. Käsityökalua ei voi siis suojata 100-prosenttisesti.

Koneelle määritetään alussa raja-arvot, joiden täyttämiseksi suunnittelija tekee tarvittavat suojaruusteet tuotteeseen. Raja-arvojen määrittämisessä täytyy miettiä työkalun käyttäjiä, olosuhteita ja mahdollisen onnettomuuden seuraamuksia. On suuri ero tehdä tuotetta ammattilaiselle työkäyttöön kuin kodinkonetta jokaiselle perheenjäsenelle. Ammattilaiset ymmärtävät koneen riskit ja he ovat harjaantuneet käyttämään laitteita, joiden käytössä voi tapahtua vahinkoja. Sähkölaitetta kotonaan käyttävä lapsi on hyvin altis kaikille mahdollisille vaaroille, joita kone voi aiheuttaa.

Raja-arvojen määrittämisen jälkeen suunnittelija suunnittelee laitetta siten, että riskit pysyvät näiden raja-arvojen sisällä. Suunnittelun aikana tehdään Kuvan 4 mukaisesti pohdintaa ollaanko riskejä saatu pienennettyä riittävästi. Kuvan 4 polkua mennään eteenpäin ja vastataan kysymyksiin, kunnes lopulta ollaan päädytty haluttuun lopputulokseen.



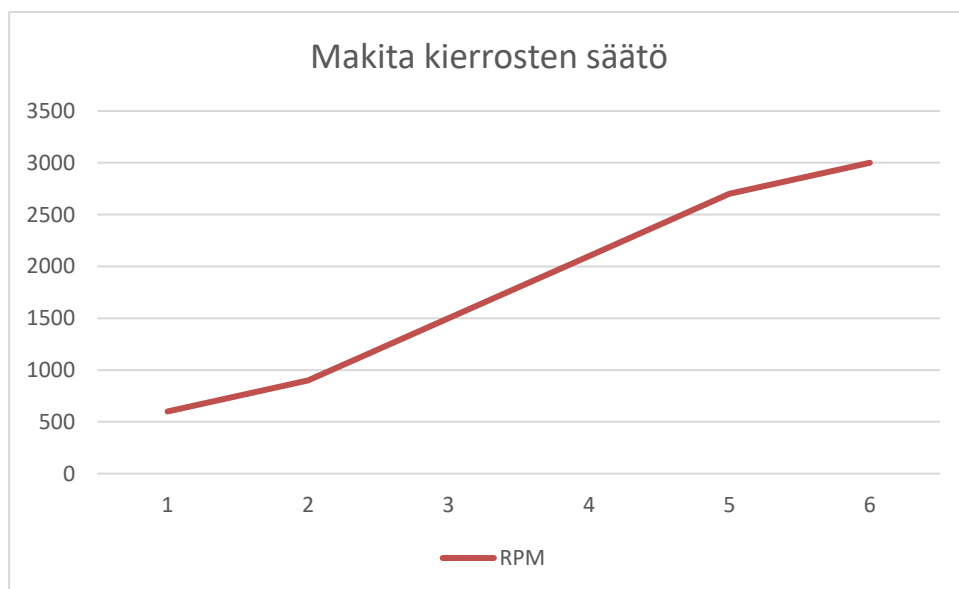
KUVA 4. Kaaviollinen esitys riskin pienentämisprosessista (SFS-EN ISO 12100:2010, 30)

Riskejä voidaan estää monilla eri tavoilla. Laitteeseen voidaan rakentaa suojat, jotka estävät pääsyn pyöriviin, sähköisiin tai muutoin vaarallisiin osiin laitetta. Jos laitteen rakenteen tai toimintaperiaatteen vuoksi kaikkea ei voida suojata, suojauksen voi toteuttaa myös asettamalla kytkimet siten, että niitä painaessa ja laitteella työskennellessä ei ole mahdollisuutta päästää käsiään irti kahvoista. Tämä estää käyttäjän käsiä joutumasta vaaroille alttiiksi. Viimeisin suojauskeino on varoittaa käyttäjää vaarasta niin käyttöohjekirjassa, kuin tarroina laitteen osissa. Varoituksilla suoritettu suojaus on tehottomin. Käytettäessä laitetta pitkään saattaa ajatus herpaantua käytössä, jolloin ei varoituksia aktiivisesti muista ja tekee virheen laitteen käytössä. Siksi tämän suojauskeinon käyttämistä tulee välttää.

3 HIOMAKONEEN OSIEN JA KOKOONPANOJEN SUUNNITTELU

Suunnittelu toteutettiin Solidworks-3D-mallinnusohjelmistolla, jota toimeksiantaja käyttää tuotekehityksessä komponenttien mallintamiseen, kokoonpanojen muodostamiseen ja mittakuvapiirustusten tekemiseen. Piirustuksien teossa noudatettiin Picote Solutionsin käyttämää tapaa. Piirustuksien teossa pyrittiin selkeisiin ja riittävän informatiivisiin dokumentteihin, jotka tiedettiin kokemuksesta vastaavan valmistajan vaatimuksia. Tuloksina syntyneet valmistuskuvat löytyvät luovutettiin toimeksiantajan käyttöön.

Kaikki hiomakoneen osat ja laitteet suunniteltiin Makita 9227CB -kiillotuskoneen rungolle. Tämä kone on erittäin laadukas kulmavaihteellinen kone, joka on alkuperäiseltä käyttötarkoitukseltaan kiillotuskoneeksi suunniteltu. Koneessa on kierrosluvun säätö, jolla on mahdollista saavuttaa portaattomasti kuvan 5 osoittamat kierrokset. Normaaleilla isoilla 220 mm laikan kulmahiomakoneilla on kierrokset noin 6 500 rpm ja pienemmillä 125 mm laikoilla olevissa yli 10 000 rpm (Kulmahiomakoneet. 2019). Käytettävän Makitan pienemmät kierrokset tuovat turvallisuutta koneen käyttöön, eikä suunnitelmien mukaisten työkalujen käytössä suuremmista kierroksista olisikaan hyötyä.



KUVA 5. Makitan kierroslukuasteikko

3.1 Rungon suunnittelu

Runko haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja kestäväenä. Valmistustavaksi valittiin komponenteista hitsattu rakenne ja materiaaliksi alumiini. Picote Solutionsilla on pitkä kokemus alumiinisten runkojen valmistuksesta ja lukuisia ammattitaitoisia hitsareita. Hitsattu rakenne on luja ja se on edullinen materiaali- ja valmistuskustannuksiltaan.

Rungon suunnittelu aloitettiin kahvasta, josta käyttäjä saa tukevan otteen. Picote Solutions käyttää koneissaan yleensä kahden paksuisia alumiiniputkia, 25 mm tai 30 mm halkaisijaltaan, joista valittiin 25 mm pääkaareksi. Alussa oli idea käyttää rungossa 22 mm:n putkea, joka on yleisesti käytössä polkupyörien ohjaussarvissa ja siksi tähän kokoon on hyvin saatavilla erilaisia tangonpehmusteita. Alihankkijalla ei kuitenkaan ollut putken-taivutuskoneeseen lestejä tätä kokoa varten, joten päätettiin valita 25 mm:n paksuinen putki. Tässäkin koossa on saatavilla pehmusteita hyvin, koska tämä koko on yleinen moottoripyörien ja mopojen kaasukahvan kokona.

Liitäntä koneeseen tapahtuu sen alkuperäisen käsikahvan kiinnityskierteisiin M8 DIN912 -kuusiokoloruuvilla. Kiinnityslaippa valmistettiin koneistamalla ja siihen jätettiin pieni uloke, joka asettuu Makita-kulmahiomakoneessa olevaan koloon estäen käsikahvan pyörrähtämisen väärään asentoon. Suunnitellun kahvan päähän piirrettiin holkki sisäkier-teellä, millä mahdollistettiin pulttikiinnitys putken päähän. Kiinnitykseksi suunniteltiin myös niin sanottua käpymutteria, joka on putken sisään eräänlaisella koveralla prikalla lukittuva mutteri. Tämänlaista mutteria ei kuitenkaan etsinnöistä huolimatta löytynyt. Käpymutterin avulla päästäisiin eroon yhdestä koneistetusta osasta sekä hitsausseamasta.

Rungon lisäksi tuotteeseen tarvittiin suoja, joka estää hiomapartikkeleiden sinkoutumisen kohti käyttäjää. Suojasta tehtiin 20 mm leveämpi kuin suunnitelluista työkaluista. Muutoin suoja jätettiin avonaiseksi hyvän ulottuvuuden ja yksinkertaisuuden takia. Suojan materiaalipaksuudeksi valittiin 4 mm, jotta se pysyy reunoistaan riittävän jäykkänä. Ohuemalla materiaalilla voisi suoja vääntyä esimerkiksi pudotessaan maahan, jonka seurauksena työkalu voisi osua suojaan. Suunnittelussa otettiin huomioon myös hitsauksen vaikutus suojan ulkonäköön. Kun ohueen levyyn hitsataan jotain kiinni, voi ohut levy muuttaa toiselta puoleltaan muotoaan tai taipua kokonaisuudessaan lämmön vaikutuksesta (JKI 2018). Kokemuksesta kuitenkin tiedettiin, ettei suojaan muodostu näkyviä virheasentoja

tai pinnanlaatuongelmia. Suoja jäykistettiin kahvaan pulttavalla alumiinilevyllä, joka toimii myös tukena ja suojana kädelle.

Riskien arvioinnin jälkeen pohdittiin suojan tekemistä umpinaisemmaksi. Suojan olisi hyvä suojata kattavammin mahdolliset pois lentävät osat työkalusta. Näitä ovat esimerkiksi hiomapartikkelit, rikkoontuneet työkalun osat tai virheellisesti tielle tulleet esineet. Haittavaikutuksina kattavammasta suojasta tulisi työkalun vaihtamisvaihto, useampia osia kokoonpanoon, ylimääräisiä hitsausseampeja sekä kohonnut paino. Tämän vuoksi toimeksiantaja hyväksyi suojan sellaisenaan kuin ensimmäiseksi oli suunniteltu. Suoja ei suojaavuudeltaan poikkea juurikaan jo kaupallisissa hiomakoneissa olevista. Kuvassa 6 on esitetty kahvasuojan kokoonpanon osat.



KUVA 6. Kahvasuojan kokoonpano

3D-mallinnuksen jälkeen malleista tehtiin 2D-piirustukset jokaisesta osasta erikseen ja hitsauskuvat kokoonpanosta. Hitsauskuviiin toleroitiiin kolme merkittävää mitta: pultatta-

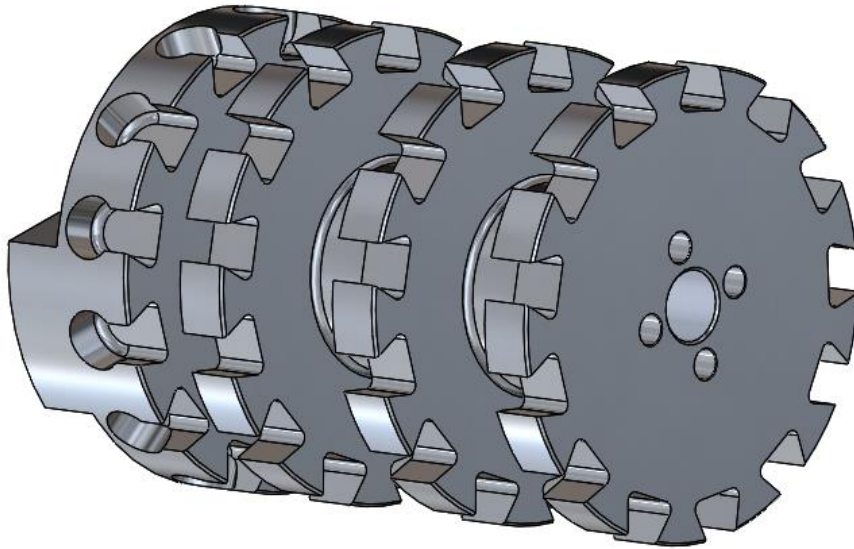
van tuen kiinnityspintojen samansuuntaisuus, kiinnitysreikien välinen etäisyys ja kulmahiomakoneeseen tulevan laipan ja rungon kaaren suorakulmaisuus. Kiinnitys pintojen ollessa erisuuntaiset ei pultattava osa olisi istunut siististi paikalleen, vaan olisi rakoillut laidoistaan. Kiinnitysreikien ollessa liian kaukana suunnitellusta olisi laippaa taas ollut mahdoton asentaa. Jos taas runko ei olisi ollut suorakulmainen kiinnityslaippaan nähden, olisi työkalu voinut osua teräsuojaan tai teräsuoja olisi ollut liian kaukana työkalusta tehden siitä vaarallisemman.

3.2 Työkalut

Laitteeseen suunniteltiin kolme työkalua ja niiden muunnelmat. Kaksi ensimmäistä ovat mekanismeiltaan patentoituja toimeksiantajalle. Työkalut kiinnitetään Makita-kiillotuskoneen akseliin alkuperäisellä tavalla M14-kierteellä. Kiillotuskoneen akselin laakeroinnin rasitus muuttuu näillä työkaluilla alkuperäisestä poikkeavaksi. Tämän laakerin kestävyttä pohdittiin ja siitä tehtiin käytännön testausta, jossa todettiin laakerin kestoajan pysyvän riittävän hyvänä. Laakerointi tämänkaltaisessa kulmahiomakoneessa on mitoitettu kestäväksi hyvin pitkään ja yleensä työkalusta loppuu hiilet paljon ennen muiden kulumien osien loppumista. Tämä on testattu sadoilla Picote Solutionsin viemäriin puhdistuskäyttöön myymillä koneilla, joissa käytetään juuri samaa kiillotuskonetta moottorina.

3.2.1 Paneelinpidin

Paneelinpitimen lähtökohtana oli toimeksiantajalle patentoitu Smart Cutter™ -työkalu. Toimintaperiaate pidettiin samana, mutta paneelien määrää kasvatettiin 13 kappaleeseen ja rungon halkaisijaa suurennettiin. Tällä saavutettiin tasaisempi kosketus työstettävään kappaleeseen ja hiomalehtien pidempi kestoikä. Kuvassa 7 näkyvän rungon materiaaliksi valittiin työkalualumiini. Halkaisijan ollessa 80 mm olisi osan paino noussut korkeaksi, joten siihen suunniteltiin kolme isoa uraa materiaalin poistamiseksi. Lopullinen paino oli 700 g ja ilman uria se olisi ollut 1 300 g. Kiinnitystä varten toiseen päähän tehtiin M14-sisäkierre. Työkalusta täytyy pystyä pitämään kiinni sitä koneesta irrottaessa, joten kierteen puoleiseen päähän tehtiin uloke, josta saa kiinni 30 mm kiintoavaimella, jakoaavaimella tai pihdeillä.



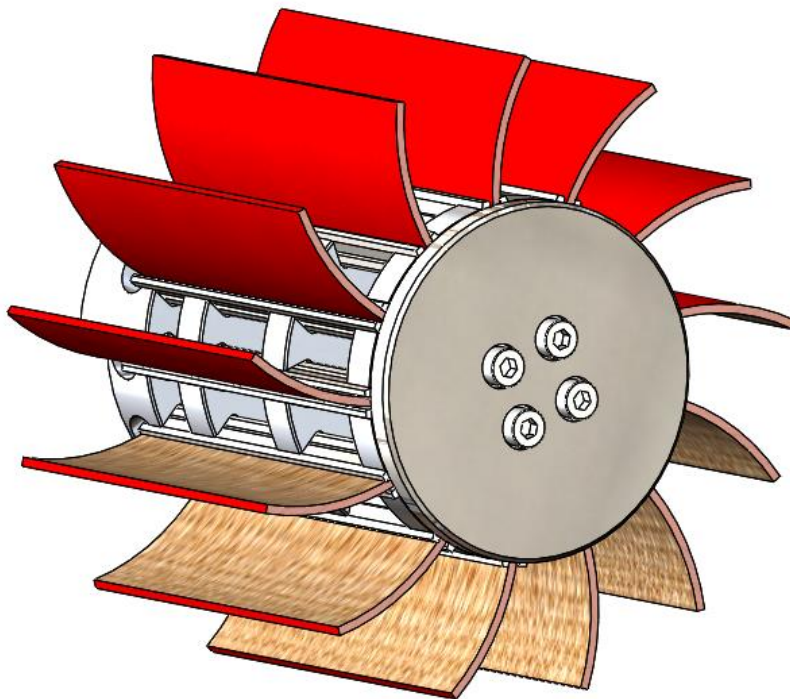
KUVA 7. Paneelinpitimen runko

Paneeleiksi valittiin 100x40 mm:n kokoiset hiomalehdet karkeudeltaan 25. Pienehkön korkeuden syynä oli rajoitettu maksimihalkaisija teräsuojan takia. Keskiön suurempi koko, paneelien määrä ja niiden koko ovat kuitenkin tarkasti mietitty kompromissi. Testien perusteella käytettäessä pitkiä paneeleita taittavat paneelit jo pienellä kuormalla keskiötä vasten. Lisäämällä määrää ja pienentämällä paneeleiden kokoa on lehtien kosketuksia enemmän työkalun pyörähdyskierroksella. Tällöin työkalu pyöriessään pyrkii voimakkaammin työntämään hiomakonetta kauemmas kappaleesta. Hiomalehtiin kiinnitettiin alumiinista pursotettua U-profiilia, joka puristettiin prässissä lehteen kiinni. Tämä mahdollistaa erittäin nopean ja luotettavan kiinnityksen liu'uttamalla se rungossa oleviin uriin. Kyseisiä paneeleita tuotetaan satojentuhansien vuosivauhdilla, joten niiden tuotantolinjat ovat kehittyneet ja hinta alhainen (Lokkinen 2019).

Valitulla muodolla on mahdollista asentaa paneelit myös väärin päin rungolle, jolloin hiomalehden selkäpuoli osuu työstettävään kappaleeseen. Tämän mahdollisuuden estämiseksi mietittiin mahdollisuutta epäsymmetriseen kiilaan ja uraan, jolloin käyttäjä ei voi työntää paneelia paikalleen väärinpäin. Tämä idea kuitenkin hylättiin, koska toimeksiantaja on jo teettänyt alumiiniin pursottajalle suuttimen Smart Cutter™ työkalun paneelien

kiinnityskiiloja varten. Uuden suuttimen teettäminen olisi tullut kohtuuttoman kalliiksi. Myös keskiön uran tekemiseen on toimeksiantajan käyttämälle konepajalle teetetty erikoisjyrsintappi, jollaisen tekeminen maksaa satoja euroja.

Paneelit lukitaan kuvassa 8 näkyvässä kokoonpanossa paikalleen koneistetulla alumiini-levyllä, joka kiinnitetään neljällä erikoisruuvilla keskiöön. Ruuveista tekee erikoisen niiden sorvaamalla ohennettu varsi. Kierrettä on siis vain ruuvin kärjessä ja muulta matkalta varsi on ohennettu väljäksi kierteisiin. Päätykiekkoon teetetty sama kierre kuin rungossa pitää kaikki neljä ruuvia kiinni kiekossa sen ollessa irrotettuna keskiöstä. Tämä on tärkeä ominaisuus työmaolosuhteissa, joissa pienet ruuvit tippuisivat ja hukkuisivat herkästi. Tämä paneelihuomatyökalu suunniteltiin hiomiseen. Käyttökohteita ovat esimerkiksi maalin poisto, puun hionta ja materiaalien karhennus.



KUVA 8. Kokoonpantu paneelinpidin

3.2.2 Raappa

Toinen patentoitu työkalutyyppe oli The Smart Spider -jousiraappatyökalu. Teoriaosiossa esitetty toimintaperiaate skaalattiin tähän raappatyökaluun. Putkistossa käytetty työkalu

on vain kaksirivinen, jotta se pystyy kulkeutumaan hyvin mutkissa. Suunniteltuun laitteeseen kuitenkin sopii turvallisesti jopa 120 mm leveät työkalut, joten jousirivien määrä nostettiin viiteen suuremman työstöpinnan saavuttamiseksi.

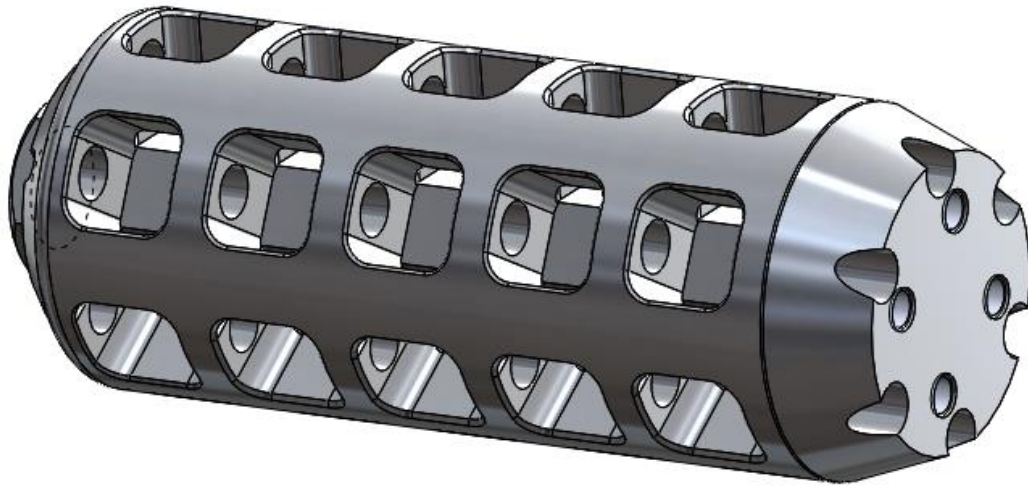
Alussa rakenteessa käytettiin luonnonkumista tehtyä iskunvaimenninkumia jousen alla, kuten The Smart Spider -työkalussa. Tällöin kuvan 9 keskiön sorvattuihin uriin asennetaan luonnonkumista leikattu tähden muotoinen osa, joka vääntää joustu ulospäin. Tämän jälkeen jouset asennetaan lieriötapeilla kiinni. Ensimmäisissä testeissä, joissa käytettiin alkuperäistä kapeaa The Smart Spideriä, huomattiin kuitenkin kumin lyhyt käyttöikä. Jousen osuessa työstettävään kappaleeseen, tuottaa se iskuja kumista osaa vasten. Nämä iskut hajottavat kumin hyvin nopeasti. Näitä iskuja ei putkiston sisällä työskennellessä tule, koska jouset koskettavat pyöreän putken pintaa jatkuvasti.



KUVA 9. Ensimmäinen malli raappatyökalun keskiöstä

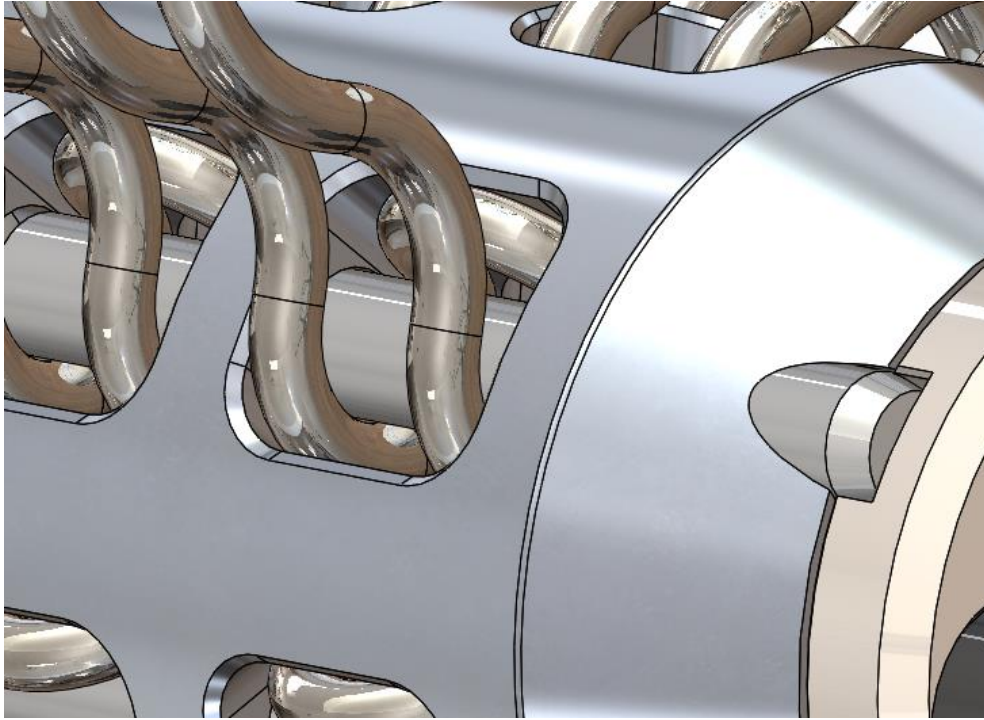
Kun ongelma oli tullut esiin, pohdittiin vaihtoehtoisia tapoja kiinnittää jousi. Mietittiin kumin muodon kopioimista keskiöön. Tässä ratkaisussa olisi vain tullut ongelma jousen taittuminen väärään suuntaan. Alkuperäisessä rakenteessa kumi on tiukka jousen väliin, jolloin

jousi pysyy heilumatta paikallaan. Kumin korvaaminen keskiön muodolla, olisi muoto pitänyt jättää väljäksi, jolloin jouset pääsevät heilumaan hallitsemattomasti. Lopputuloksena runkoon päätettiin jyrsiä koloja, jotka näkyvät kuvassa 10.



KUVA 10. Uudelleen suunniteltu runko

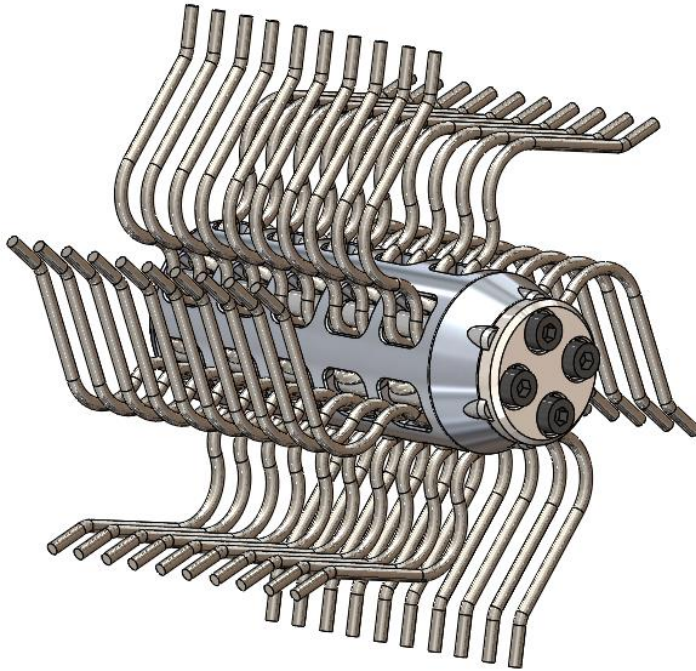
Jyrsittyihin koloihin jouset painuvat juuri ja juuri kuvan 11 osoittamalla tavalla. Muutoin kiinnitys hoidettiin samalla tavalla kuin ensimmäisessä versiossa, eli lieriötappi työnnettiin jousen välistä lukiten sen paikoilleen.



KUVA 11. Jousi uudessa rungon muodossa lukittuna

Tapit lukittiin päätylevyllä keskiöön kiinni. Tässä päätylevyssä käytettiin myös samoja erikoisruuveja kuin paneelinpitimessä. Työkalun kiinnitys kiillotuskoneeseen toteutetaan samalla tavalla M14-sisäkierteellä, kuten muissakin työkaluissa. Lukitus irrottaessa hoidetaan keskiöön jyrstystä 21 mm kuusiokannasta kiinni pitämällä.

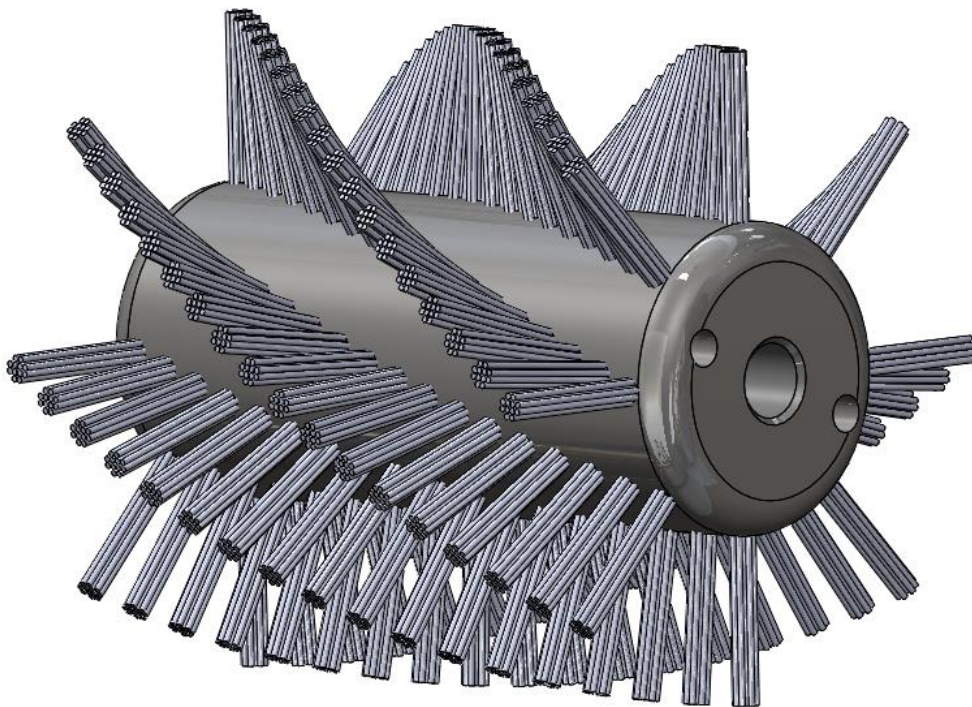
Raappatyökalu suunniteltiin hakkaavaan muttei kovin hiovaan työstöön. Mahdollisia käyttökohteita ovat ruosteen poisto, puun työstö ja esimerkiksi betonin karhennus. Tuotteen suunniteltiin myös mahdollisuus kiinnittää kovametalliset teräpalat jousien päihin tehon lisäämiseksi. Nämä kovapalat kiinnitetään työntämällä niissä olevaan reikään jousen pää, jonka jälkeen jousen päätä lämmitetään sulamispisteeseen. Tämän seurauksena päähän muodostuu sulanut metallipallo, joka estää kovapalan irtoamisen jousesta. Kovapaloja käytetään putkistoissa olevissa samantyyppisissä työkaluissa. Siinä käytössä palat eivät hakkaa putken pyöreän muodon takia, joten ne toimivat hyvin. Tässä käytössä taas iskut kovapaloille olisivat niin voimakkaat, etteivät ne sitä kestäisivät, vaan halkeaisivat hyvin nopeasti. Kuvassa 12 on kokoonpantu 3D-malli.



KUVA 12. Kokoonpantu raappa

3.2.3 Lanka

Kolmas suunniteltu työkaluidea oli lieriö, johon porataan reikiä ja niihin työnnetään teräslankatupsuja. Tämä rakenne on melko yleinen hionnassa käytetty työkalutyyppejä. Keskiön materiaaliksi oltiin valitsemassa alumiinia, mutta tupsujen asentajayrityksen kanssa kommunikoidessa tuli esille, että alumiiniseen keskiöön ei heidän tekemällään tyylillä voi tupsuja asentaa. Tämän takia keskiön materiaaliksi jouduttiin valitsemaan POM-muovi. Keskiöön tehtiin poraukset hieman kaarevalle linjalle. Tällä saadaan jokainen tupsu osumaan pyöriessään työstettävään kappaleeseen eri aikaan. Tämä vähentää työkalun tärinää käytettäessä. Kuvassa 13 on Solidworksissa kokoonpantu harja. Tupsujen mallintaminen ohjelmistossa oli ainoastaan visuaalinen ominaisuus, niiden valmistus ja asennus hoidettiin kommentilla valmistuskuvissa. Tupsujen materiaaliksi valittiin 0,25 mm ruostumaton teräslanka.



KUVA 13. Visuaalisesti kokoonpantu harja

Harjatyökalun kiinnitys hoidettiin jälleen M14-sisäkierteellä, joka tässä työkalussa tehtiin myös lieriön toiseen päähän. Tällä mahdollistetaan työkalun pyöritys molempiin suuntiin ja näin ollen tasainen kuluminen. Harjatyökalun kiinnitys ja avaus hoidetaan kulmahiomakoneeseen tarkoitetulla työkalulla, joka pitää kiinni työkalun päissä olevista kahdesta reiästä. Harjatyökalu on tarkoitettu erityisesti maalin poistoon ja puun hiontaa. Puuta hiottaessa puun syitten kuviointi nousee tällä työkalulla hienosti esiin.

Harjatyökalusta teetettiin myös tiheämmällä harjoituksella ja erilaisella tupsulla tehty versio. Tupsuna käytettiin nylonista perusainetta, johon oli liimattu zircon-murusia. Ne ovat itseteroittuvia kiviainesrakeita, joita käytetään yleisesti hiomatyökalujen hiovana materiaalina (Keskinen 2017).

4 PROTOTYYPPI

4.1 Osien valmistus

Osat valmistettiin yrityksillä, jotka ovat ennestään toimeksiantajan alihankkijoita, joten niiden valinta ja niiden kanssa työskentely oli luontaista ja helppoa. Valmistusta varten jokaisesta osasta tehtiin valmistuspiirustukset. Näillä kuvilla konepajan on helppo tehdä työstökoneisiin ohjelmat, joilla osat valmistetaan. Konepajojen työjonon takia osia jouduttiin odottamaan viikkoja, mikä on melko normaali toimitusaika tuotteille, joissa tarvitaan koneistusta, hitsausta ja maalausta.

Osien mitoitus ja muu suunnittelu oli onnistunutta. Ainoastaan rungon tuessa oli toinen ruuvin upotus sen verran pieni, ettei sinne mahtunut jousialuslevyä. Mallinnuksessa käytettiin Solidworksin Hole Wizard -työkalua, joten oli yllättävää, että reiän halkaisija oli näin tiukka. Prototyypivaiheessa tällä ei ollut suurta vaikutusta kokonaisuuteen, koska ruuvi saatiin lukittua luotettavasti paikalleen kierrelukiteliimalla. Sarjatuotantoa silmällä pitäen jousialuslevy on kuitenkin parempi vaihtoehto, joten piirustus päivitettiin sille sopivaksi.

4.2 Kokoonpano

Rungon hitsauskokoonpano suoritettiin alihankkijalla. Hitsaus oli suoritettu kuvien mukaisilla toleransseilla, joten kokoonpano sujui vaivatta ja runko oli juuri halutunlainen. Suojapellin ulkopintaan ei myöskään tullut minkäänlaisia muodonmuutoksia hitsauksien seurauksena. Runko käytettiin hitsauksen jälkeen pulverimaalauksessa, joka tuottaa alumiinille erittäin kestävä pinnan (Pintakäsittely 2019). Picote on käyttänyt alkuajoistaan lähtien laitteissaan tunnusomaisena värinään väriä RAL3002, joka valittiin myös tähän tuotteeseen pääväriksi.

Kahvasuoja sopi Makita-kiillotuskoneeseen suunnitellusti sekä tuntui käteen luontaisesti sopivalta. Makita-kiillotuskoneen liipaisin oli väärässä kulmassa, mutta symmetrisen rakenteen ansiosta se oli käännettävissä alaspäin kuvan 14 lopputuloksella. x



KUVA 14. Kahvasuoja kiinnitettynä Makita-kulmahiomakoneeseen

Suojasta tuli tyylikäs ja hitsaus oli onnistunut erinomaisesti, kuten kuvasta 15 voi nähdä.



KUVA 15. Kokoonpantu tuote

Paneelipitimen kokoonpano oli yksinkertainen: paneelit laitettiin paikalleen keskiöön varmistuen oikea pyörimissuunta, minkä jälkeen päätylevy lukittiin erikoisruuveilla. Kuvassa 16 on kokoonpantu työkalu hiukan käytetyillä paneeleilla.



KUVA 16. Valmis kokoonpantu paneelinpidin.

Raappahiomakoneen kokoonpanossa huomattiin ongelma: jousen kuoppien syvyys oli hieman liian matala. Ilmeisesti jousien mitoissa 3D-mallissa oli eroavaisuuksia todellisuuteen. Jousia käytetään muissa tuotteissa, joten niiden muutokset eivät olleet kannattavia. Syvyyttä lisättiin piirustuksiin ja prototyypin osiin kuopat koneistettiin manuaalijyrsimellä riittävään syvyyteen. Tämän jälkeen kokoonpano oli helppoa ja onnistui odotetusti. Lie-

riötappeja ei ollut saatavissa riittävän pitkinä, mutta kaksi peräkkäistä tappia toimii kyseisessä konstruktiossa erinomaisesti. Kuvassa 17 on kokoonpantu työkalu. Rungon harmaa kovaelokointi näyttää tyylikkäältä.



KUVA 17. Kokoonpantu raappa

Harjatyökalun kanssa erillistä kokoonpanoa ei harjoittajayrityksen jälkeen enää jäänyt jäljelle, vaan työkalu oli valmis käytettäväksi. Kuvassa 18 näkyvä harja on virheellisesti ruskealla keskiöllä, koska konepajalla ei ollut vaatimallamme aikataululla mahdollista hankkia mustaa aihiota. Kuvassa 18 oleva harja on muunnelma alkuperäisesti suunnitellusta terästupsuharjasta. Tässä harjassa harjakset ovat suunnitteluosiossa mainittuja zircon-

pinnoitettuja harjaksia. Nopean aikataulun myötä myös kiinnitys/irrotusreiät jäivät keskiöstä pois.



KUVA 18. Valmis harjatyökalu

4.3 Testaus

Testaus suoritettiin Picote Solutionsin tiloissa Porvoossa. Testauksessa hiottiin työkaluilla puuta, maalattua puuta, metallia, ruostetta, betonia sekä bitumimassalla käsiteltyä metallia. Tuloksia analysoitiin pääasiassa aistinvaraisesti. Kuvassa 19 on kuvankaappaus videosta, jossa maalamatonta prototyyppiä testataan. Työkaluna videolla on paneelinpidin.



KUVA 19. Prototyypin ensitestit

Paneelipidin testattiin ensimmäisenä muokkaamalla se vain jo olemassa olevista, putkistoon tarkoitetuista työkaluista. Neljän paneelin kokoonpanoa testatessa huomattiin, että paneelien vähydestä johtuen konetta painaessa työstettävää kappaletta vasten ei paneelien reuna enää jaksanut kannatella konetta. Tällöin paneeli taipuu keskiötä vasten, eikä hiomapinnan kehänopeus tällöin pysy riittävänä tehokkaaseen työstöön. Tämän vuoksi paneelinpitimen halkaisija suunniteltiin heti 80-millimetriseksi ja paneelien määrä maksimoitiin. Uuden rungon saapuessa todettiin muutostyö erittäin onnistuneeksi. Uusi suunniteltu paneelipidin oli tehokkaampi ja pysyi ryhdissään kohtuullisesta käsillä painamisesta huolimatta. Paneelien kestoikä vaikutti myös hyväksyttävältä. Paneelinpitimen pyöriessä sen ilmanvastus havaittiin melko kovaksi, joten maksimikierrokset päätettiin rajoittaa 2 000 kierrokseen minuutissa.

Teholtaan paneelipidin työkalu oli melko hyvä. Hiomajälki oli sileää ja hiominen helppoa. Työkalu toimi hyvin puun hionnassa, maalin poistossa sekä kulmien pyöristyksessä.

Raappatyökalulla testattiin rankempaa hiontaa kuin paneeleilla. Jousijalan ollessa paksu ja niiden määrä verrattain vähäinen ei hiomatuloksesta odotettukaan sileää. Jouset kuitenkin hakkasivat tehokkaasti hiottavaa pintaa, joten karhennukseen työkalu toimii erinomaisesti. Jousien kulma kappaleeseen kohdatessa ei ole kovin ottava, mikä laskee työkalun tehoa. Testissä tällä tuotteella hiottiin betonia, puuta, metallia sekä edellä mainittuja materiaaleja maalattuna tai muuten käsiteltynä. Paksulla bitumimassalla käsitellyn metallin puhdistamisessa raappatyökalu osoittautui parhaimmaksi näistä kolmesta työkalusta. Myös ruostuneen teräksen ruosteen poistoon se sopii hyvin. Iskut jousijaloista ovat teräviä, joten puuhun työkalu jättää voimakkaat jäljet ja repii puun syitä irti. Kuvassa 20 on kuvankaappaus testihionnasta.



KUVA 20. Testihionta raappatyökalulla

Harjatyökalulla testattiin monia erilaisia hiottavia pintoja. Parhain ja ainutlaatuisin ominaisuus on puun entisöinti ja vanhennus. Harjan ollessa joustavia ja pyörimissuunta yhdensuuntainen kuluttaa harjakset puusta syitä niiden suuntaisesti hioessa. Puussa on syitä erileveyksiä ja kovuuksia, joten pehmeämmät eli kesäsytyt kuluvat voimakkaammin kuin kovat talvisytyt. Tämän seurauksena harjatyökalulla voidaan korostaa puun syykuviota erittäin hienosti ja tehdä puusta vanhemman näköisempää kuin se onkaan. Kuvassa 21 on hiontatulos. Tämän hiontatyylin edellytyksenä on puiden syiden mukaisesti hionta.

Pinta on myös hyvä pohja maalille, joka ei haastavimmissa olosuhteissa pysy täysin sileässä pinnassa kiinni. Zircon-murusilla kyllästetty harja oli tässä käytössä hellävaraisempi. Maalin poistossa 0,25 mm teräsharjoilla tehty rulla taas voitti tehossa. Kovilla kierroksilla ajettaessa havaittiin, että POM-rungosta pääsi joitakin tupsuja irtoamaan. Tupsua irti reipivä keskipakoisvoima kasvaa ilmeisesti niin kovaksi, että tupsun lukituksena käytetty tekniikka ei sitä jaksanut enää pitää kiinni. Tämän vuoksi työkalun kierrosnopeutta on syytä rajoittaa pienemmäksi.



KUVA 21. Harjattu lauta

Millekään työkalulle ei päätetty antaa tiukkoja ehtoja käyttökohteista. Tilanteet vaihtelevat ja tämän myötä myös vaatimukset työkaluista. Tämä erottaa suunnitellun työkalun muista kaupallisista ratkaisuista tarjoamalla samaan työkaluun kolme erilaista vaihdettavaa hio-mapäätä. Näitä päitä vaihtamalla pystytään työskentelemään monenlaisissa olosuhteissa hioen erilaisia materiaaleja. Työkalujen tuotekehitys voi jatkua, jos keksitään laitteeseen sopivia työkalutyyppejä lisää.

5 YHTEENVETO

Työssä suunniteltiin hiomakone työkaluineen. Hiomakoneessa hyödynnettiin teknologioita, joita Picote Solutions on patentoinut. Ennen suunnittelua laitteiden rakenteita pohdittiin yrityksen muiden työntekijöiden kanssa. Rakenteista tehtiin yksinkertaiset ja rakentamisessa käytettiin mahdollisimman paljon hyväksi olemassa olevia komponentteja. Rakenteiden pohtimisen jälkeen aloitettiin osien mallinnus ja kokonaisuuksien rakentaminen Solidworks-ohjelmistolla. Suunnittelutyössä onnistuttiin hyvin, mihin auttoi kokemus tuotekehitysprojekteista ja suunnittelusta. Valmiin tuotteen käyttöturvallisuuteen liittyvää riskien arviointia olisi tullut pohtia enemmän suunnitteluvaiheessa, mutta mahdolliset riskit valituilla rakenteilla hyväksyttiin yhdessä toimeksiantajan kanssa.

Suunnittelutyön jälkeen tilattiin osat ja rakennettiin prototyypit. Prototyyppien saavuttua tuote kokoonpantiin ja testattiin. Testauksessa ei käytetty mitään erityisen järjestelmällistä testaustapaa, mikä olisi ollut tuotteiden tehokkuuksien arvioinnin kannalta hyödyllistä tietoa. Testeissä ilmeni joitakin parannettavia asioita, kuten paneeliihiomatyökalun pape-reiden jäykkyyden lisääminen, raappatyökalun jalkojen pieni pidentäminen tai rungon suurentaminen ja läpinäkyvän suojan teettäminen runko-osaan. Muutoin suunnittelutyö oli hyvin onnistunutta, eikä suunnittelutyössä tapahtunut vahingollisia virheitä lopputuotteen kannalta.

Suunnittelun kohteena oleva laite täytti toimeksiantajan odotukset niin toiminnallisesti kuin ulkonäöllisestikin. Harjatyökalun työteho oli odotettua parempi, mutta muiden työkalujen oli ennakoitun suuruinen. Työkalujen ja rungon ulkonäkö olivat todella tyylikkää, mikä lisää tuotteen myytävyyttä.

Koneen tulevaisuutta pohdittiin projektin päätyttyä toimeksiantajan kanssa. Pienien muutosten kera tuotetta voitaisiin alkaa markkinoimaan eri alan urakoitsijoille sekä mahdollisesti koettaa saada sitä myyntiin rautakauppatuotteena. Yrityksen myyntiorganisaation ja jälleenmyyjien kautta tuotetta on helppo aloittaa markkinoimaan. Laitteen tuotekehitys varmasti jatkuu, kun saadaan kattavaa palautetta monilta käyttäjiltä. Myös uusien työkalujen suunnittelua jatketaan.

LÄHTEET

Drain Cleaning. 2018. Picote Solutions. Saatavissa: <https://www.picotesolutions.com/drain-cleaning>. Hakupäivä 11.4.2019

Harjahiomakone 9741. 2018. Makita Oy Finland. Saatavissa: <https://www.makita.fi/product/9741.html>. Hakupäivä 17.4.2019.

JKi. 2018. Hitsien laatu ja hitsausvirheet. Kurssimateriaali kurssilla T312603-3003 Hitsaustekniikka. Vaatii kurssiavaimen. Saatavissa: https://moodle.oamk.fi/pluginfile.php/306371/mod_resource/content/1/02_hitsien_laatu_ja_hitsausvirheet.pdf. Hakupäivä 17.4.2019.

Keskinen, Johanna 2017. Metalliteollisuuden katkaisu ja saumanavauslaikat teräksille. Oy Pureva Ab. Saatavissa: <https://docplayer.fi/44325294-Sisallyluettelo-metalliteollisuuden-katkaisu-ja-saumanavauslaikat-teraksille.html>. Hakupäivä: 11.4.2019.

Kulmahiomakoneet. 2019. Karkkainen.com. Saatavissa: <https://www.karkkainen.com/verkkokauppa/tyokalut-24165501/tyovalineet/hiomakoneet-ja-tarvikkeet/kulmahiomakoneet-rallakka>. Hakupäivä 15.4.2019.

Lateral Cutters. 2018. Picote Solutions. Saatavissa: <https://www.picotesolutions.com/lateral-cutters>. Hakupäivä 11.4.2019.

Lokkinen, Mika 2019. Hallituksen jäsen, Picote OY LTD. Puhelinhaastattelu 10.4.2019.

Pintakäsittely. 2019. FinEq International Oy. Saatavissa: <https://fineq.fi/fi/pintak%C3%A4sittely>. Hakupäivä 15.4.2019.

Savitie, Ilona – Talvitie, Lasse 2018. Hiomakone – ostajan opas. Artikkelia päivittänyt 13.10.2015 Koivunen, Enna. Muokattu 11.12.2018. Yhteishyvä. Saatavissa: <https://yhteishyva.fi/koti/hiomakone-ostajan-opas/article-35029> Hakupäivä 17.4.2019.

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.