

Mikko Nisula

**SISÄPUOLEISEN HIOMALAITTEEN KAUPALLISTAMINEN WIN-
TECH OY:LLE**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Syyskuu 2016**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Syyskuu 2016	Tekijä Mikko Nisula
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi SISÄPUOLEISEN HIOMALAITTEEN KAUPALLISTAMINEN WINTECH OY:LLE		
Työn ohjaaja Heikki Salmela	Sivumäärä 23 + 1	
Työelämäohjaaja Mikko Koirikivi		
<p>Työn tilaajana toimi Jyväskylässä sijaitseva Wintech Oy. Yritys on kehittänyt hiomalaitteita erilaisiin kohteisiin ja käyttötarkoituksiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli kaupallistaa yrityksen suunnittelema sisäpuoleinen hiomalaite.</p> <p>Teoriaosuudessa perehdyttiin pinnanlaatuun ja hiontaan metallin työstössä viimeistelytyönä. Lisäksi tutkittiin nauhahionnan mahdollisuuksia sisäpuoleisessa hionnassa.</p> <p>Käytännön osuudessa laite rakennettiin esivalmistetuista osista valmiiksi prototyypituotteeksi. Lisäksi etsittiin myös mahdollisia suunnitteluvirheitä komponenteista ja tutkittiin alihankinnassa valmistettujen osien mittatarkkuus.</p> <p>Ensimmäinen laite saatiin rakennettua ja testattua toimivaksi. Uusi asiakas teki ostopäätöksensä kokeiltuaan prototyypilaitetta ja huomattuaan laitteen soveltuvan omien komponenttien valmistuksessa.</p>		
Asiasanat Kaupallistaminen, metallintyöstö, nauhahionta, pinnanlaatu		

ABSTRACT

CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Ylivieska	Date September 2016	Author Mikko Nisula
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis COMMERCIALIZATION OF INTERNAL FINISHING DEVICE FOR WINTECH OY		
Instructor Heikki Salmela	Pages 23 + 1	
Supervisor Mikko Koirikivi		
<p>The company of Wintech Oy from Jyväskylä commissioned this thesis. The company has developed grinding machines for special places and needs. The goal of this thesis was for the commercialization of an internal finishing device designed by the company.</p> <p>The first part of thesis is about the theory of belt grinding and surface quality in metal working finishing tasks. There was also the study of possibilities with internal finishing grinding.</p> <p>In the practical part of this thesis, a device was built as prototype from ready parts. In the building process, all parts was checked for faults. Dimensions of the parts made by subcontractors were measured.</p> <p>The first device was built and tested to be a functioning one. A new customer for the company made a purchasing decision after the test use of the prototype device in their manufacturing process.</p>		

<p>Key words Commercialization, grinding, metal work, quality of surface</p>

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 PINNANLAATU	3
2.1 Mitattavat arvot	3
2.2 Pinnankarheuden mittaaminen	4
3 HIONTA	6
3.1 Kivihionta.....	6
3.2 Nauhahionta.....	7
3.4 Työturvallisuus.....	9
4 SISÄPUOLEINEN HIOMALAITTE	11
4.1 Soveltuvat työstökoneet	12
4.2 Kiinnitys työstökoneeseen	12
4.3 Työstettävät kappaleet.....	13
4.4 Hionnan edut sorvaukseen nähden.....	15
5 KOKOONPANO	17
5.1 Rakenne.....	17
5.2 Osien tarkastus.....	18
5.3 Laakereiden ja kulmavaihteen asennus	19
6 KAUPALLINEN OSUUS	20
6.1 Koneturvallisuus	20
6.2 Toimituksen sisältö.....	20
6.3 Markkinointi.....	21
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	22
7.1 Johtopäätökset ja pohdinta	22
7.2 Loppusanat	22
LÄHTEET	23
LIITTEET	

KUVIOT

KUVIO 1.....	2
KUVIO 2.....	4
KUVIO 3.....	7
KUVIO 4.....	9

KUVAT

KUVA 1.....	5
KUVA 2.....	11
KUVA 3.....	13
KUVA 4.....	14
KUVA 5.....	18

TAULUKOT

TAULUKKO 1.....	15
-----------------	----

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on Wintech Oy (myöhemmin Wintech), joka on Jyväskylässä vuonna 2006 perustettu hiontateknologiaan erikoistunut yritys. Yrityksen päätoimena on paperikoneilla runkovälissä tehtävät kunnossapitohionnat ja erilaisten hiomalaitteiden kehittäminen paperi- ja metalliteollisuuden kunnossapitoa varten. Yrityksessä työskentelee opinnäytetyötä tehdessäni kolme henkilöä, joista kaksi on yrityksen omistajia.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kaupallistaa yrityksen sisäpuolinen hiomalaite ja olla mukana laitteen markkinoille tuonnissa. Projektin alkuvaiheessa osat prototyyppiin oli valmiina ja laite rakennettiin suunnitelmien mukaan yrityksen tiloissa Jyväskylässä Tourulan kivääritehtaalla. Käytännön osuudessa tarkastettiin tilatut komponentit, jotta ne vastasivat suunniteltuja, eikä suunnitelmiin ollut päässyt virheitä. Laite myös rakennettiin toimintavalmiiksi testihiontoja varten. Tavoitteena oli hiomakoneen saaminen myytäväksi tuotteeksi, jolle saataisiin myynnin tueksi materiaalia ja tietoa laitteen toiminnasta.

Yrityksellä on ollut ulkopuoliseen hiontaan soveltuva laite myynnissä vuodesta 2014, joten yrityksellä oli valmiina asiakaspohjaa, joille uutta tuotetta pystyi esittelemään. Uusi tuote mahdollistaa myös uusien asiakkaiden hankkimisen ja monipuolistaa hionnan käytön kohteita.

Opinnäytetyössä perehdytään myös pinnanlaadun ja hionnan teoriaan sekä työturvallisuuteen, sillä ne liittyvät olennaisena osana työhön. Neljännessä luvussa päästään käsittelemään sisäpuoleista hiontalaitetta.

Työtä lähdettiin toteuttamaan projektisuunnitelmalla, joka hyväksyttiin osaksi opinnäytetyösopimusta. Kuviossa 1 on esitetty projektisuunnitelma ja sen eteneminen.



KUVIO 1. Projektisuunnitelma opinnäytetyöstä

2 PINNANLAATU

Pinnanlaadulla on merkitystä koneenosien valmistuksessa silloin, kun valmistetaan kappaleita, joissa sovituksettoleranssit ovat hyvin pieniä tai pintojen välinen kitka halutaan mahdollisimman pieneksi. Pinnanlaadun mittauksessa voidaan mitata pinnankarheutta, aaltomaisuutta, muodon ja kappaleen pinnan mittatarkkuutta. Mitattaessa pinnankarheutta tuloksiksi saadut arvot perustuvat pinnan huippujen ja laaksojen välisiin korkeuseroihin. (Tähtinen 2009, 2, 14.)

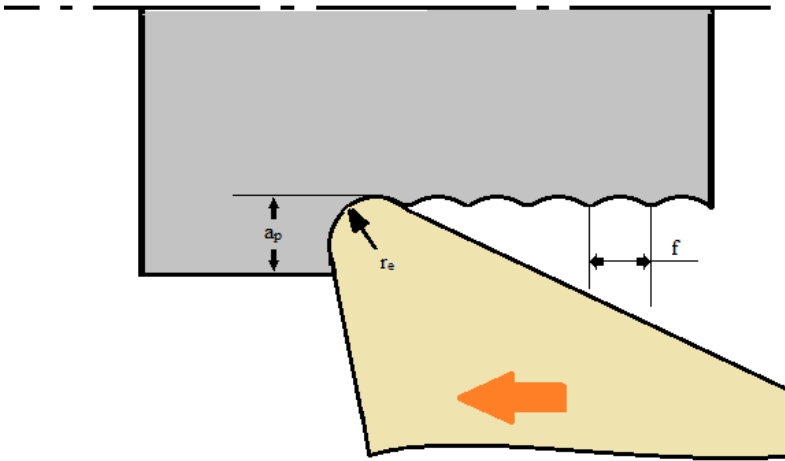
Kappaleessa pinta muodostuu pienen, keskisuuren ja suuren taajuuden omaavista muodoista. Pienet taajuudet vaikuttavat kappaleen muotoon, pyörähdyskappaleilla sylinterimäisyyteen. Keskisuuren taajuuden omaavat muodot vaikuttavat kappaleen pinnassa aaltomaisuutena. Pinnankarheus muodostuu suuritaajuisista muodoista, joita voidaan mitata pinnankarheusmittarilla. (Tähtinen 2009, 13.)

2.1 Mitattavat arvot

Pinnankarheutta mitattaessa käytetään useimmiten mittana epätasaisuuden aritmeettista keskiarvoa R_a , joka voidaan laskea kaavalla sorvaustyössä:

$$R_a = S^2 / 32 * R_e$$

jossa: S on syöttö [mm/n] ja R_e käytetyn terän nirkonsäde [mm]. Pinta on siis sitä sileämpi, mitä enemmän saatu R_a tulos pienenee. (Tähtinen 2009, 16.) Kuviossa 2 on esitetty (KUVIO 2) kaavan parametrit; S on esitetty f -kirjaimella.



KUVIO 2. Teräpalageometrian vaikutus pinnan muodostumiseen (mukaiillen Seco 2012)

Kuviossa (KUVIO 2) on esitetty teräpalageometrian vaikutus pinnan R_a :n muodostumiseen. Pinnankarheutta mitattaessa voidaan tarkastella myös R_z arvoa, joka ilmaisee matalimman laakson korkeuseron etäisyyden korkeimmasta huipusta asetetulla mittausjaksolla (SFS-EN ISO 4287, 12). Pinnankarheuden mitattujen R-arvojen pituusmitan yksikkönä käytetään μm (Tähtinen 2009, 17). Lisäksi mittalaitteilla voidaan mitata myös useita muita parametreja, mutta tässä työssä on tarpeellista perehtyä vain näihin esiteltyihin arvoihin.

2.2 Pinnankarheuden mittaaminen

Pinnankarheus voidaan mitata siihen soveltuvalla mittalaitteella (KUVA 1). Mittalaitteessa oleva timanttikärki laahaa kappaleen pinnassa, josta saatavat pinnan muutokset muutetaan sähköisiksi impulsseiksi. Saadut tulokset mittalaite prosessoi ja antaa tuloksen näytöllä suoraan haluttuna parametriarvona. Mittaustavan tarkkuus muodostuu laitteen komponenttien ominaisuuksista sekä mitaajan huolellisuudesta. (Tähtinen 2009, 20-21.)



KUVA 1. Mitutoyo SJ-201 -digitaalinen pinnankarheusmittari ja kalibrintipala (Wintech Oy 2016)

Pinnanlaatua voidaan arvioida myös silmämääräisesti siihen tarkoitukseen valmistetuilla mittapaloilla. Arviointimenettely vaatii mittaajalta kokemusta, joten saadut tulokset riippuvat tarkastuksen tekijästä. Yllä esitellyt mittaustavat vaativat myös sen, että kappaleen luokse on päästävä ja se on pysäytettävä mittauksen ajaksi. (Tähtinen 2009, 20.) Silmämääräinen tarkistus voi soveltua karkeampien pinnanlaatu-
tujen määrittämiseen, joiden pinnasta havaitaan selvästi työstön jättämät jäljet. Kappaletta voidaan myös tunnustella, jolloin voidaan havaita pinnassa esiintyviä ominaisuuksia, joita ei voida havaita mittakärki-
laitteella mittaamalla taikka silmämääräisesti kappaletta tarkasteltaessa.

3 HIONTA

Hiontaa käytetään metalliteollisuudessa tyypillisesti esityöstettyjen kappaleiden viimeisten sadasosamilimetricien poistamiseen ja pinnanlaadun parantamiseen. Viimeistelyhionnalla on tarkoitus poistaa terän pyörityksen jättämä harjanteiden epätasaisuus kappaleesta. Hiontaa voidaan käyttää myös eri tekniikoilla kappaleille, mutta tässä työssä perehdytään pyörähdyskappaleilla käytettyyn hiontaan. Tyypillisesti pyörähdyskappaleet koneistetaan ensin lähimittaan sorvaamalla kovametalliterillä, jonka jälkeen viimeistelyhiontaa voidaan käyttää. Hionnassa työkappaleesta poistetaan materiaalia joko hiomakivellä tai hiomanauhalla.

3.1 Kivihionta

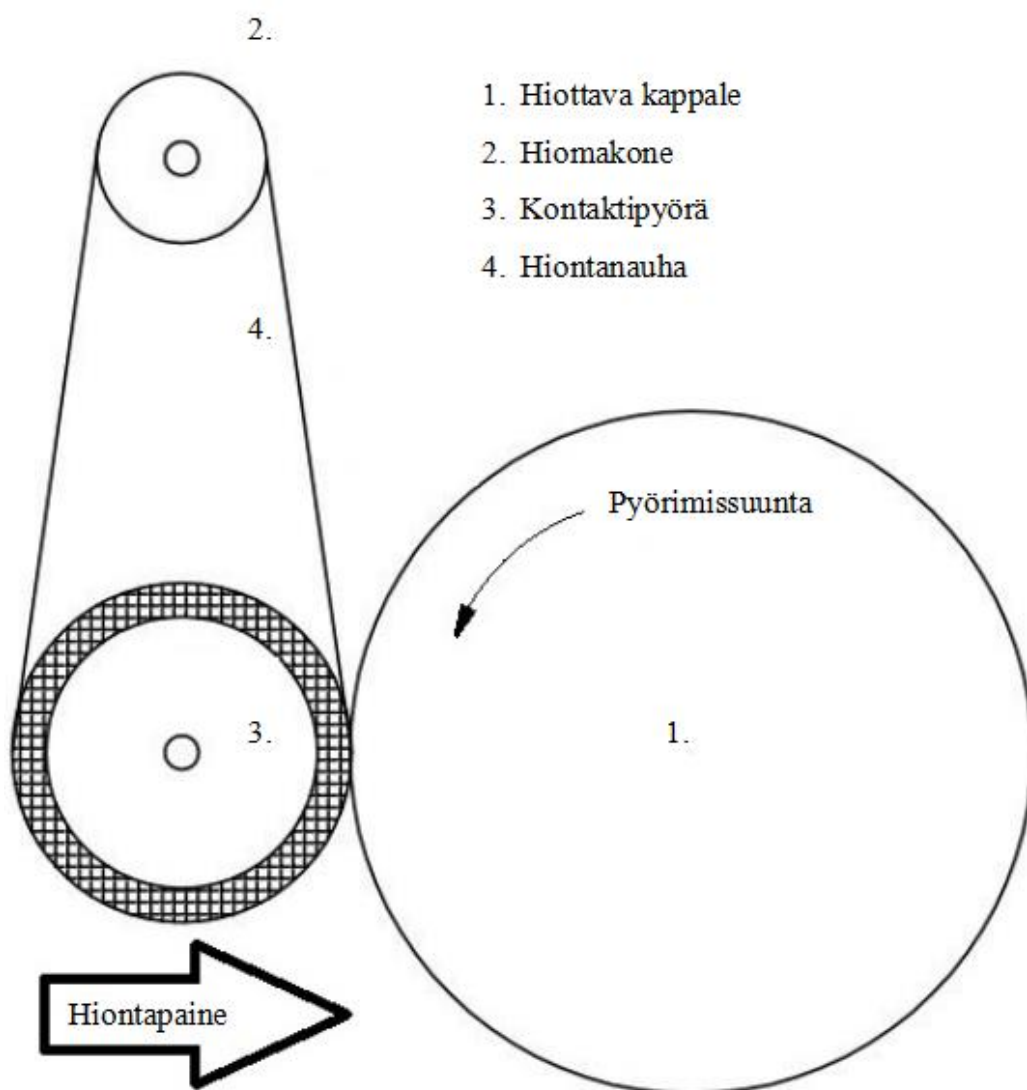
Hiontaan on käytetty perinteisesti kivihiontaa, missä hiomaraakeet on seostettu sideaineeseen ja tästä seoksesta on valmistettu pyöreä hiomakivi. Hiomakiveä pyöritetään vakioidulla lastuamisnopeudella ja kappaleen pyörittämisellä saadaan materiaalia poistettua hiottavalta kehältä. Hiomakonetta liikutetaan kappaleen pinnassa myös vakioidulla sivusuuntaisella syöttöliikkeellä hionnan aikana. (Bartsch 1969, 161.)

Kivihionnassa on huomioitava kiven muotokuluminen ja halkaisijan pieneneminen hiontavoimien vaikutuksesta, joten kiveä on teroitettava säännöllisesti jotta sen muoto säilyy suorana. Kivellä on myös huomioitava kehänopeus, joka on hyvin alhainen, enintään 60m/s, sillä suuri nopeus aiheuttaa laikan kehälle rasitusta. Hiomakivet voivat myös hajota vaarallisesti hionnassa liian suuresta kehänopeudesta tai kulumisesta johtuen, jolloin kivistä lentää pieniä raskaita kappaleita suurilla nopeuksilla. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 248, 258.)

Hiomalaikkojen pitää olla myös hyvin tasapainossa, jotta siitä aiheutuva värinä ei tee hiontavirhettä kappaleeseen. Hiomakoneiden kiristettävien laakereiden välysten pitää olla hyvin hallinnassa. Kivihionnassa hiomalaikka ei kovuutensa ansiosta jousta kappaleen virheitä yhtään, vaan pyrkii poistamaan muotovirheitä kappaleesta. (Koirikivi 2013, 16.)

3.2 Nauhahionta

Hionnassa voidaan käyttää myös hiomanauhoja, jolloin hionta tapahtuu hiomanauhan ja sähkömoottoriin kiinnitetyn kontaktipyörän yhteisvaikutuksesta (KUVIO 3.) Hiomanauhalla voidaan hioa pienillä ja erittäin suurilla leikkuunopeuksilla. Tällä hetkellä enintään noin 400m/min (Koirikivi 2016). Hiontanauhoja on kahdentyyppisiä: viimeistelylaitteessa käytettävä päättyvä nauha sekä raskaammassa hiomakoneessa käytettävä päättymättömällä lenkillä oleva nauha, jolla tyypillisesti suoritetaan karkeampaa materiaalia poistavaa hiontaa (Koirikivi 2013, 17).



KUVIO 3. Hiomakoneen toimintaperiaate päättymättömällä nauhalla (Wintech Oy 2016)

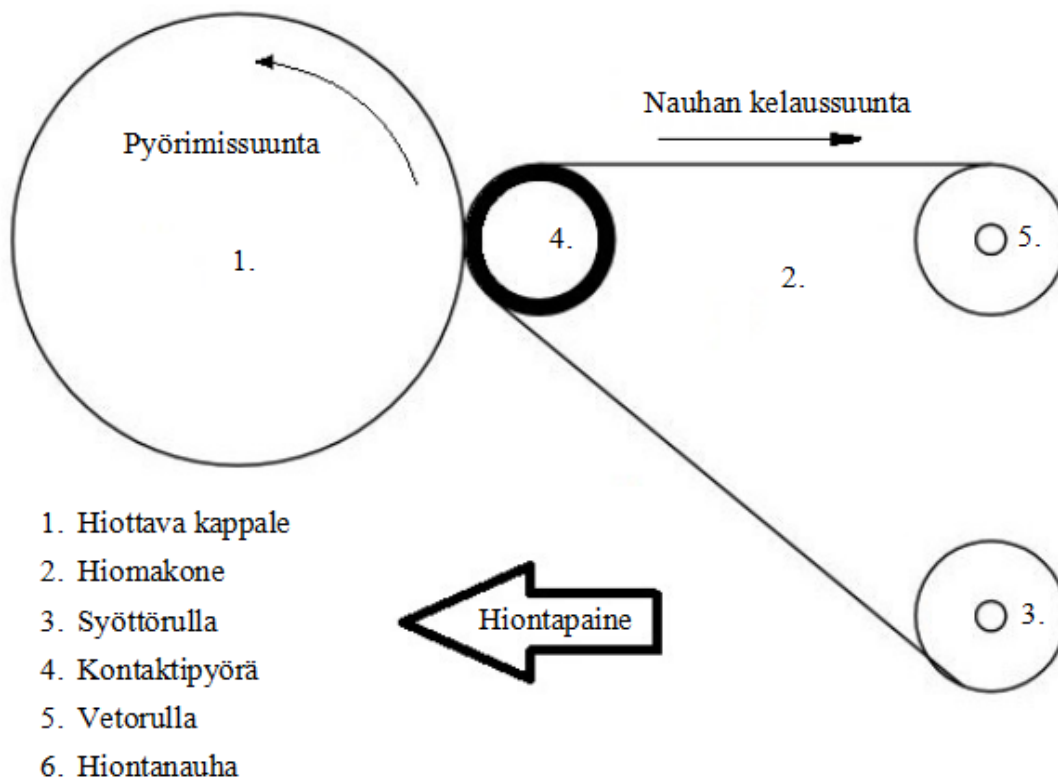
Hiomanauhassa hiomarakeet on liimattu esimerkiksi polyesterikalvolle tai käyttösovelluksesta riippuen vaihtelevalla pohjamateriaalille, kuten Kevlarille. (Koirikivi 2016). Hiomarakeena voidaan käyttää alumiinioksidia, keraamia tai timantteja sekä useita muita aineita. Hiomanauhan jyvät on valmistusvaiheessa suodatettu sihdin läpi, jotta oikean kokoiset rakeet löydetään. Hiomanauhan karheus voidaan esittää P-asteikolla, jossa suurempi luku tarkoittaa hienompaa jyvää ja sileämpää pintaa. Hiomanauhan hintaan vaikuttaa hiomarakeena käytetty aine, timanttinauhat voivat olla kymmenen kertaa kalliimpia metrihinnaltaan kuin alumiinioksidia sisältävät nauhat. (Koirikivi 2013, 18.)

Nauhan kulumisesta ei aiheudu muotovirhettä, sillä nauhaa painetaan useimmissa tapauksissa kumipinnoitteisella kontaktipyörällä työstettävää pintaa vasten. Kulunut nauha kuormittaa hiomakoneen moottoria ja kontaktipyörää, eikä irrota materiaalia kappaleesta. Kontaktipyörän kovuudella on merkitystä hionnan haluttuun lopputulokseen. Esimerkiksi tarkkaa muotoa hiottaessa käytetään kovempaa kontaktipyörää kuin pintaa kiillotettaessa. (Koirikivi 2013, 15,16.)

Nauhahionnassa ylläpito on helpompaa, sillä kulunut nauha hävitetään ja vaihdetaan uuteen, teroitus jää hiomatarvikkeiden osalta pois. Hiomanauhan kestoikä voidaan myös arvioida melko tarkasti, joten nauhojen kulutus ja hiontaan käytettävä aika pystytään laskemaan kun tiedetään hiottavan pinta-alan koko. (Koirikivi 2016.)

Nauhahionnassa on myös riskitekijöitä, sillä jos nauha katkeaa tai irtoaa, niin se voi lähteä satunnaiseen suuntaan. Hiomanauha ei kuitenkaan sirpaloidu liian suuresta kehänopeudesta. Suurin riski hionnassa on silloin, jos kontaktipyörän kiinnityspultti pääsee löystymään ja kontaktipyörä irtoaa moottorin kiinnityksestä hionnan ollessa käynnissä. (Koirikivi 2016.)

Viimeistelyhiontalaitteissa käytetään pääsääntöisesti päättyvää nauhaa (KUVIO 4), jota pitää syöttää rullalta toiselle. Tästä hiontamenetelmästä voidaan käyttää myös termiä finisointi. Kelaamalla nauhaa tasaisesti, hionta tapahtuu kokoajan uudella nauhalla. Nauhan kulumisesta ei pääse aiheutumaan mittavirhettä eikä nauha pääse tukkeutumaan hiottavasta materiaalista. Viimeistelyhionnassa leikkuunopeus hiontaan saadaan aikaiseksi kappaleen pyörittämisellä. Viimeistelyhionnalla kappaleen geometriaan ei voida vaikuttaa merkittävästi, joten se on saatettava muilla menetelmillä esivalmiiksi viimeistelyhiontaan. (Koirikivi 2013, 16, 17.)



KUVIO 4. Hiomakoneen toimintaperiaate päätyvällä nauhalla (Wintech Oy 2016)

3.4 Työturvallisuus

Hiontatyöt käsin hiomalla sorvissa ovat nykyisin kiellettyjä useimmilla suurilla ja pienemmilläkin teollisuusyrityksillä. Hiottaessa kappaleen ulkopuolisia pintoja hiomanauhalla on tapahtunut vakavia, jopa kuolemaan johtaneita työtaturmia viime vuosina. Käsin hiomanauhalla hiominen vaatii yleensä koneen turvalaitteiden ohittamisen, sillä kappale on tyypillisesti suojattu siten, että siihen ei voi päästä käsiksi koneen käydessä. Sisäpuoleisten pintojen viimeistelyhionta on erittäin vaikeaa suorittaa ilman apuvälineitä isoilla koneilla, sillä kappaleen pintaan ei ulotu muuten kuin koneen teräpuomilla. (Koirikivi 2016.)

Hiontalaitteet lisäävät työturvallisuutta, sillä pyörivään kappaleeseen ei tarvitse olla kosketuksissa hiomanauhan kautta. Yritykset joutuvatkin investoimaan hiomalaitteita työstökoneille välttääkseen turhat tapaturmat. Seuraavana on kerrottu esimerkkinä kaksi erittäin vakavaa työtaturmaa:

Sorvaaja oli puristunut kuoliaaksi työstettävän akselin ja johteiden väliin. Tapaturma sattui 6.1.2015 Hollolassa. Koneistaja oli hionut manuaalisesti hiomanauhalla pyörivää akselia työstökoneen ovien ollessa auki. Sorvaajan hiha tai käsine oli juuttunut, jonka seurauksena työntekijä oli joutunut akselin ja johteiden puristukseen, mikä aiheutti henkilön menehtymisen. (Päijät-Hämeen käräjäoikeus 2016.)

Käräjäoikeudessa katsottiin työtavan olleen vaarallinen: työtä tehtiin ilman koneen suojalaitteita niin lähellä pyörivää kappaletta, että pieni huolimattomuusvirhe saattoi johtaa vakavaan tapaturmaan. Yrityksen johto oli sallinut hiontaa suoritettavan vastoin koneen turvaohjeita ja ohittamalla koneen rajakatkaisimet metallikiilalla. Samassa työpaikassa oli tapahtunut kymmenen vuotta aiemmin vastaavanlainen vaaratilanne, josta selvittiin vähäisillä vammoilla. Yrityksessä ei ollut tämän seurauksena suoritettu minikäänlaisia toimenpiteitä vaarojen poistamiseksi hionnassa. (Päijät-Hämeen käräjäoikeus 2016.)

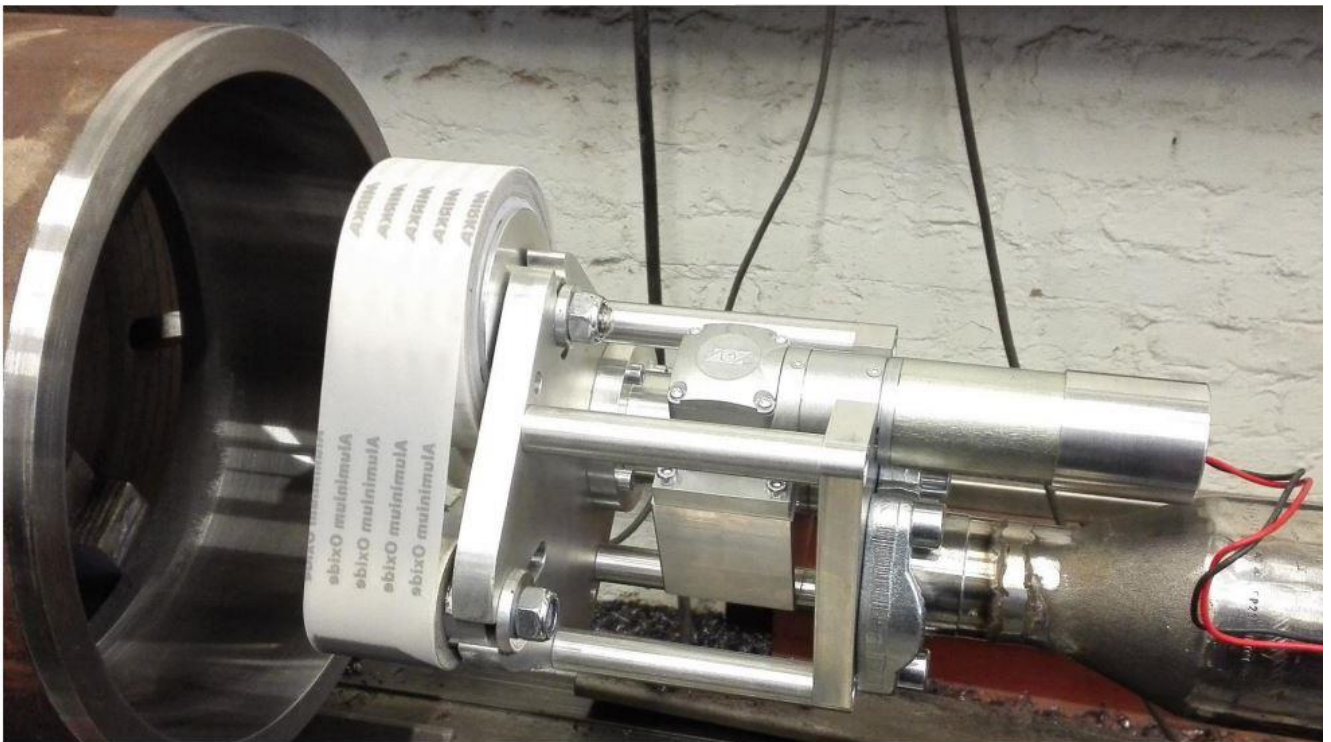
Käräjäoikeus totesi tuomiossaan sorvaajan kuoleman johtuneen varatoimitusjohtajan sekä työnjohtajien laiminlyönneistä. Yritys tuomittiin myös yhteisösakkoon, koska se katsoi, ettei yrityksessä noudatettu vaadittavaa huolellisuutta ja varovaisuutta työturvallisuusrikoksen estämiseksi. Sorvilla oli tehty useita vuosia hiontatyötä, eikä työturvallisuuteen ollut panostettu riittävällä vakavuudella aikaisempien tapah- tumien jälkeen. (Päijät-Hämeen käräjäoikeus 2016.)

Toisessa tapauksessa suolahtelaisessa konepajassa sorvaajalta katkesi kyynär- ja väärtinäluu sorvilla sat- tuneessa työtapaturmassa. Koneistajan käyttämä hiomanauha oli takertunut akseliin, jonka seurauksena työntekijän käsi kietoutui akselin ympärille. Tästä seurasi lähes vuoden mittainen sairausloma. (Pisko- nen 2011.)

4 SISÄPUOLEINEN HIOMALAITE

Viimeistelyhiontalaite on tarkoitettu reiän sisäpuoleiseen viimeistelyhiontaan sylinterimäisillä tai kartiomaisilla kappaleilla. Wintechillä on jo myynnissä ulkopuoliseen viimeistelyyn soveltuva laite, joten tuote laajentaa mahdollisuuksia hyödyntää nauhahiontaa metallien viimeistelytyöissä. Laite on suunniteltu mahtumaan halkaisijaltaan 217 millimetrin reikään. Tavoitteena on myöhemmässä vaiheessa, saatujen kokemusten perusteella, pienentää hiottavissa olevan reiän kokoa. Laite on täysin skaalattavissa osiensa puolesta pienempään. Laitteelle ei ole näkyvissä tarvetta suurentaa, sillä tämän kokoisella laitteella voidaan suorittaa hiontaa jo suurillakin halkaisijoilla.

Hiomalaitetta voi käyttää myös pienissä määrin ulkopuoleiseen hiontaan, sillä mikään rakenteessa ei estä ulkopuolisen pintojen hiomista. Ainoastaan tukevuus on heikompi verrattuna ulkopuoleiseen hiomalaitteeseen, mikä vaikuttaa työstönopeuteen. Mahdollisuus hioa ulko- ja sisäpintoja samalla laitteella voi helpottaa ostopäätöksen tekemistä monilla yrityksillä.



KUVA 2. Prototyypilaitte on valmiina testihiontoihin (Wintech Oy 2016)

4.1 Soveltuvat työstökoneet

Hiomalaite on suunniteltu käytettäväksi manuaalisorvilla tai isolla CNC-ohjatulla sorvilla, jossa laitteen virransyöttö ja ohjauskaapelit saadaan vietyä hiontalaitteelle helposti olemassa olevan tilan mukaisesti. Laite ei siis vielä sovellu pidettäväksi työkalumakasiinissa koneilla muuten kuin hetkelliseen käyttöön. Johdotukset on suunniteltu siten, että ne voi jättää tarvittaessa koneeseen kiinni ja laite voidaan irrottaa koneesta sorvauksen ajaksi.

Tarkoituksena yrityksellä on myös kehittää saatujen käyttökokemusten perusteella CNC-koneille soveltuva laite, jota voidaan säilyttää koneen työkaluvaihtajassa. Kone tulee silloin tarvitsemaan tiiviitä ja toimintavarmoja ratkaisuja virran ja ohjauksen osalta. Laitteen sähkömoottoria ohjataan tällä hetkellä erillisellä ohjausyksiköllä, joten yksikön ja laitteen välissä kulkee kaapeli.

4.2 Kiinnitys työstökoneeseen

Hiomalaitteen runko-osa on kokonaisuutena 200 mm pitkä ja se on liitetty 800 mm pitkään puomiin, joka voidaan kiinnittää sorvin neliöteränpitimeen. Puomin pituutta pystytään säätämään teräpitimessä, joten pitkienkin kappaleidin hiominen on mahdollista toteuttaa. Puomi voidaan myös suunnitella asiakkaan tarpeisiin sopivaksi, jotta saadaan paras mahdollinen pituus käyttökohteen mukaan. Prototyypissä puomi oli muokattu asiakkaan tiloissa heidän karusellisorviin sopivaksi hyvin nopeasti, joten muokattavuus kiinnityksen osalta on hyvä. Asiakkaalle toimitettiin lopullisessa toimituksessa heidän mittojen mukaan toteutettu puomi.

Laitteessa on paikat kahdelle SAE-kiinnityspalalle (KUVA 3) ja puomissa vastakappale laipoille, joten hiomalaite saadaan säädettyä käyttökohteessa juuri oikeaan asentoon parhaan hiontatuloksen saavuttamiseksi. Tästä on etuna laitteen nopea asetus koneeseen, sillä puomi voidaan asentaa ensin ja sen suoruus tarkistaa suhteessa kappaleeseen. Saatujen käyttökokemusten perusteella on havaittu, että 800 mm pitkä puomi ei aiheuta tärinää hiottaessa kappaletta.

Laitteen ohjauskaappi jätetään työstökoneen ulkopuolelle. Sillä säädetään uuden nauhan syöttönopeutta portaattomasti, koska hiottava materiaali määrittää, kuinka nopeasti nauha tukkeutuu hionnan aikana.

Ohjauskaappiin tulee tavallinen 240 V vaihtovirta mutta siitä eteenpäin kaikki on muutettu 24 V tasavirraksi. Laite toimii siis 24 V suojajännitteellä ohjauskaapista eteenpäin, ettei ohjauskaapelin katkaisemisesta tai vioittumisesta aiheudu vaaraa käyttäjälle.



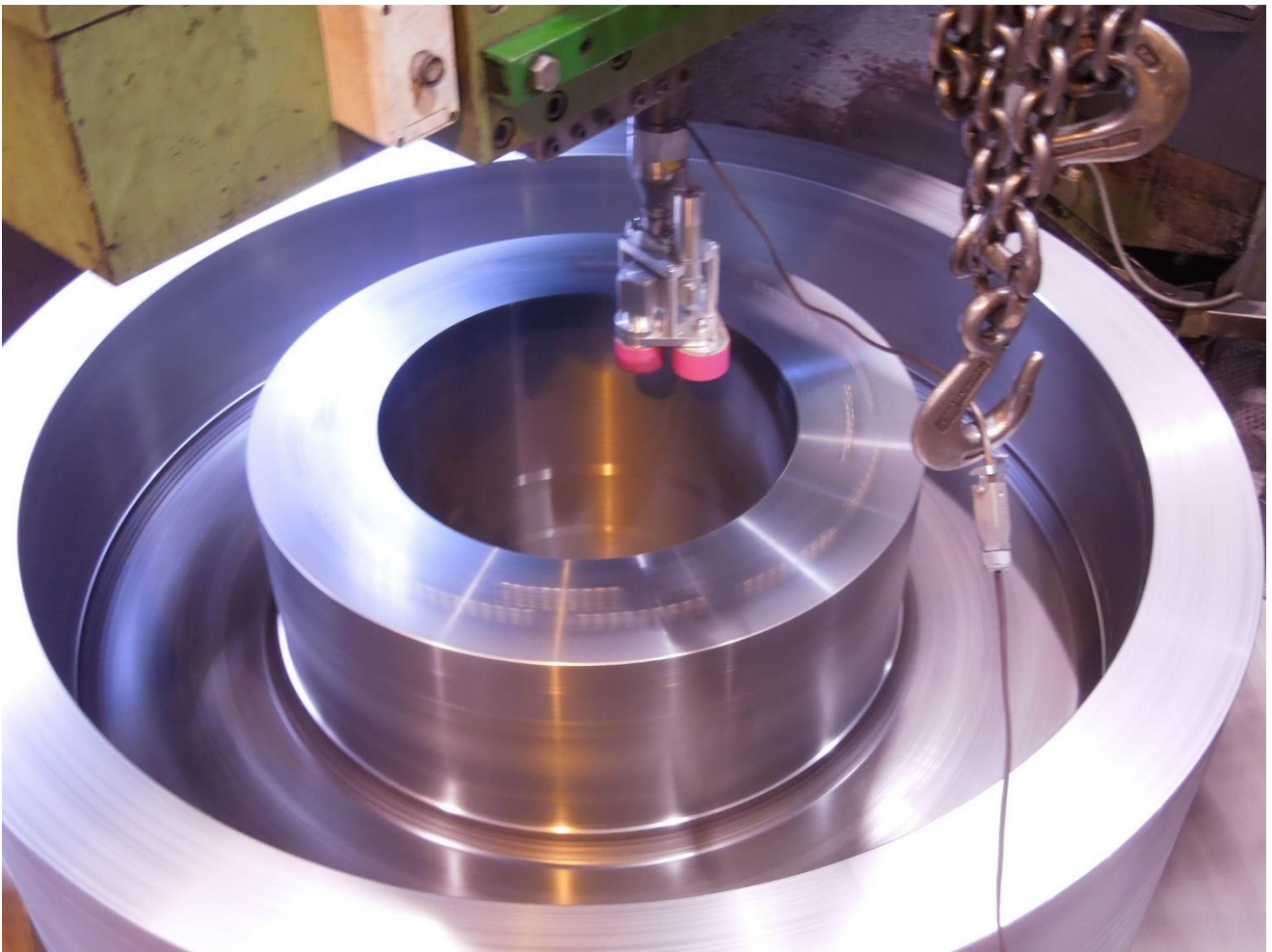
KUVA 3. SAE-kiinnityspalat (Wintech Oy 2016)

4.3 Työstettävät kappaleet

Laitteella viimeisteltävät kappaleet voivat olla vaativia komponentteja, joille on asetettu tarkkoja toleransseja pinnanlaadun ja mittatarkkuuden suhteen. Esimerkkinä Kylmäkoskella sijaitseva konepaja val-

mistää alihankintana suuria sähkömoottorien ja generaattoreiden osia (KUVA 4), joihin liitetään voimansiirron akseli lämpösovitteella. Liitospinnalla pinnanlaatuvaatimus on Ra 1,6 alueella, jotta liitos onnistuisi eikä se irtoaisi kovassakaan kuormituksessa.

Samainen yritys aikoi kokeilla samalla laitteella myös ulkopuolisten tiivistepintojen viimeistelyä, sillä heillä oli tulossa sorvattavaksi erä tarkan ulkopinnan omaavia kappaleita. Tällä hetkellä laitteita on toimitettu vasta yhdelle asiakkaalle, joten kaikkia käyttökohteita ei ole vielä löydetty. Mahdollisuuksia käyttää laitetta on todennäköisesti pyörivien tiivistepintojen ja isojen komponenttien valmistuksessa.



KUVA 4. Sisäpinnan viimeistelyä isolla karusellisorvilla (Wintech Oy 2016)

4.4 Hionnan edut sorvaukseen nähden

Hiomalla voidaan saavuttaa pinnanlaatu alle kahden Ra-asteikolla melko kustannustehokkaasti. Sorvaamalla vastaavaan pinnanlaatuun on vaikea päästä isoilla sorveilla. Erityisesti isoilla halkaisijoilla sorvausajat pitenevät huomattavasti verrattuna hiontaan, sillä lastuttava matka kasvaa kehällä ja pyöritysnopeus hidastuu, kun leikkuunopeus pysyy vakiona. Hionnassa voidaan pitää pituussyöttöä paljon suurempana kuin sorvatessa, joten kehänopeuden hidastuminen ei haittaa työstössä niin paljon. Kierrosnopeuden laskukaava sorvaustyössä:

$$n = V_c \cdot 1000 / \pi \cdot D_c$$

jossa: n=kierrosluku, V_c =leikkuunopeus ja D_c =sorvaus halkaisija (Seco 2012, 40) .

Liitteessä (LIITE1) esitetyillä laskuilla pyritään esittämään hionnan nopeutta viimeistelytyössä verrattuna vastaavanlaisen pinnan sorvaukseen. Sorvaustyön laskukaavat ja työstöarvot on otettu Seco:n kirjoista, joka on ruotsalainen kovametalliteriin erikoistunut yritys. Hionnan parametriarvot sain Wintechiltä. Esimerkkilaskuissa on käytetty erään konepajan sorvilla työstettävän kappaleen mittoja. Sorvaus parametreja ei ollut saatavilla, ainoastaan käytetty pyörintänopeus oli tiedossa. Laskuissa on käytetty työstöarvoja, joita olisi mahdollista käyttää ja niiden mukaan on laskettu viitteellisiä sorvausaikoja vastaavankokoiselle kappaleelle. Työstöajat on esitetty alla olevassa taulukossa (TAULUKKO 1.).

TAULUKKO 1. Työstöajat sorvilla

Työstövaihe	Ra	Ylitysaika (min)
Rouhintasorvaus	6,5	51
Viimeistelysorvaus	1,6	103
Karkehionta	3,2	5
Viimeistelyhionta	1,6	10

Taulukossa (TAULUKKO 1) esitetyt ylitysaikat ovat siis teoreettisesti laskettuja, hionta vaatii useampia ylityskertoja ja ainakin yhden nauhan vaihdon sileämpään laatuun. Testihionnoissa asiakkaalla pinta oli saatu hiottua valmiiksi noin kahdessa tunnissa, lähtöarvona oli ollut R_a 6 ja lopullinen R_a 1,8.

Pinnanlaatuun vaikuttaa myös lastujen katkeaminen sorvauksessa, joten pelkällä hitaalla konesyötöllä ei välttämättä saavuteta parasta mahdollista pinnanlaatua, sillä katkeilevat lastut vahingoittavat valmista

pintaa. Lisäksi lastut voivat myös takertua teränpitimeen, minkä seurauksena pinnan laadun heikkeminen on mahdollista. Kyseisessä yrityksessä sorvauslastut ja kahden liikkuvan akselin tärinä olivat aiheuttaneet pinnanlaadun huonontumista kartioreiässä, joten kappale ei kelvannut sellaisenaan ostajayritykselle.

5 KOKOONPANO

Laitteen kokoonpano tapahtui huhtikuussa 2016 Jyväskylässä Wintechin tiloissa. Kokoonpanossa tarkastettiin osien sopivuus ja valmistustarkkuus, lisäksi laite rakennettiin toimintakuntoon testihiontoja varten. Kaikki kiinnitysruuvit jätettiin vielä ilman liimaa, jotta tarvittaessa muutokset ja osien purkutyöt ovat helppoja toteuttaa testien jälkeen. Toimintavalmiin koneen ruuvit on liimattava, jotta ne eivät pääse aukeamaan laitteeseen kohdistuvan värinän vaikutuksesta.

5.1 Rakenne

Koneen rakenne on suunniteltu mahdollisimman kevyeksi, joten runkolevyt ja kontaktipyörien rungot on tehty alumiinista, toimintavalmiina laitteen massa on noin 13 kg. Tarvittavat akselit on valmistettu nuorrutusteräksestä, jotta saavutetaan tarvittava jäykkyys hionnan suorittamiseen. Laitteen alumiiniset osat on tilattu alihankintana Jyväskylässä sijaitsevalta koneistamolta ja tarvittavat akselit on valmistettu Wintechin tiloissa. Moottori ja kulmavaihteen muodostava hammaspyörä ja kierukkatanko ovat standardiosia koneosien valmistajien luetteloista.

Koneen rakenne on suunniteltu sellaiseksi, ettei hionnasta tuleva pöly ja leikkuuneste pääse rikkomaan laakereita ja se on helppo pitää puhtaana. Koneessa on useita laakeripesiä, joilla on kohtisuoruusvaatimuksia toisiinsa nähden, joten se on kokonaisuutena erittäin tarkka valmistustoleransseille ja kokoonpanolle.

Laitteessa on kaksi kappaletta runkolevyjä, joiden välissä sijaitsee tasavirtamoottori, jonka voima välitetään kulmavaihteella vetotelan akselille, jotta hiomanauhalle saadaan veto. Hiontatelan akseli on kiinteästi runkolevyssä ja tela on laakeroitu akseliin. Runkolevyt on yhdistetty toisiinsa neljällä tangolla, jotka on kiinnitetty M8-ruuveilla. Kiinnitys puomiin tapahtuu SAE-laipalla (KUVA 3.), joka saadaan kiinnitettyä kahdella kiinnityspalalla oikeassa kulmassa suhteessa hiottavaan sylinteriin.

5.2 Osien tarkastus

Valmistustarkkuus ja pinnanlaatu todettiin tilattujen osien kohdalla olevan vaadittujen toleranssien sisällä, joten laitteen kokoonpano voitiin aloittaa. Runkolevyssä havaittiin kootessa, että suunniteltu viiste laakeripesälle oli pienempi, kuin sallittu terän nirkonsäteen pyöristys laakeripesän olakkeen pohjassa (KUVA 5). Tästä seurasi, että laakeripesä jäi 0,5 mm etäisyydelle suunnitellusta tasopinnasta. Viiste suurennettiin runkolevyssä yhden millimetrin suuruiseksi, jonka jälkeen laakeripesä saatiin oikeaan asentoon. Valmistuskuviin lisättiin tämän seurauksena viisteet kaikkiin reikiin, vastaavasti akseleiden olakkeisiin määritettiin suurin sallittu pyöristyssäde.



KUVA 5. Osan viiste havaittiin kokoonpanovaiheessa liian pieneksi (Wintech Oy 2016)

5.3 Laakereiden ja kulmavaihteen asennus

Laitteen laakeripesät oli tehty lievällä ahdistussovitteella, puristukseksi mitattiin 0,01 mm, joten laakerit piti asentaa hydraulisella puristimella. Laakeripesät olivat tarkoituksella tiukat, jotta vältetään välyksiltä ja käytössä tulevan tärinän muodostamilta hiontavirheiltä. Lisäksi kaikki laakeripesät oli kaksoislaakeroituja, jotta laakerin vähäinenkin välys kokoonpanossa pienenee ja tukevuus lisääntyy.

Kulmavaihte koostui pronssisesta kierukkapyörästä ja kierukkaruuvista, joiden välityssuhde oli 30:1. Tällä kokoonpanolla saatiin välitettyä pienen moottorin tuottama pyörintäliike hiontanauhaa tasaisesti kelaavaksi liikevoimaksi. Kulmavaihteen kierukan tila täytettiin rasvalla, sillä ilman rasvaa jatkuvat kitkavoimat kuluttavat osat hyvin nopeasti loppuun.

6 KAUPALLINEN OSUUS

6.1 Koneturvallisuus

Työturvallisuuden parantaminen on yksi tärkeimmistä vaatimuksista tämäntyyppisille hiomalaitteille. Laite toimitetaan CE-merkittynä, sillä se on suunniteltu täyttämään seuraavat koneturvallisuusvaatimukset ja direktiivit:

- EU:n konedirektiivi 2006/42/EY
- Pienjännitedirektiivi (73/23/ETY) ja lisäys 93/68/ETY
- SFS-EN 60204-1
- Sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskeva direktiivi (89/336/ETY) ja lisäys 92/31/ETY.

Käyttöohjeissa kerrotaan myös laitteen turvallisesta ja oikeaoppisesta käytämisestä sekä ylläpito-ohjeet laitteen pitkäikäisen käytön mahdollistamiseksi. Käyttöohjeissa on kerrottu myös jäännösriskeistä, jotka pitää ottaa huomioon hiontatyötä suoritettaessa.

6.2 Toimituksen sisältö

Laitteen myyntihinta määritellään asiakaskohtaisesti, hintaan sisältyy asiakkaan ensimmäisten hiottavien materiaalien mukaan valitut hiomanauhat ja kolme kappaletta erikövuisia kontaktipyöriä. Toimituksen yhteydessä pidetään myös koulutuspäivä asiakkaan tiloissa laitteen tuleville käyttäjille, sillä laitetta ei saa käyttää ilman toimittajan suorittamaa perehdytystä. Koulutuspäivä on yhden työpäivän pituinen. Perehdytyksessä käydään läpi koneen toiminta, hiontaturvallisuus ja asetuksien tekoa hiontaa varten. Mahdollisuuksien mukaan ensimmäiset hionnat voidaan suorittaa asiakkaan työstämiin kappaleisiin.

Laitteen osilla ja komponenteilla on vuoden takuu-aika. Ehtona on, että laitteeseen ei tehdä mitään muutoksia ilman toimittajan hyväksyntää, eikä laitetta käytetä väärin. Lisäksi mahdollisissa ongelmatilanteissa koneen tai hionnan osalta asiakas voi kysyä suoraan yritykseltä neuvoja ja hiontarvikesuosituksia.

6.3 Markkinointi

Laitteen markkinointia päätettiin suorittaa alkuvaiheessa suoraan yrityksiin. Lisäksi vanhoilta asiakailta tiedusteltiin heidän kiinnostusta laitteeseen. Ensimmäisen laitteen ostaja otti yhteyttä juuri, kun prototyyppi oli saatu rakennettua toukokuussa 2016. Potentiaalisia asiakasyrityksiä etsittiin Pohjois-Pohjanmaan alueelta lähinnä internetistä yrityshakemistoja ja kotisivuja käyttäen. Asiakkaita etsiessä tutustuttiin kotisivuihin, joista löytyvät yleensä suurimmat asiakkaat ja koneluettelot. Alueelta löytyikin noin kymmenen suurta yritystä, jotka ovat pääasiassa metalliteollisuuden alihankintaa tekeviä yrityksiä. Yrityksistä suurin osa mainosti sivujensa mukaan toimittavansa osia tarkkoja osakomponentteja käyttäville yrityksille.

Tavoitteena markkinoinnissa on, että jos kaksi tai kolme yrityksestä kiinnostuisi laitteesta samalta alueelta, niin sitä kannattaisi lähteä jo esittelemään yrityksiin. Jatkossa laitetta voisi esitellä mahdollisuuksien mukaan messuilla ja mahdollisesti joidenkin ammattilehtien kautta. Yritykset pitäisi saada tietoisiksi laitteesta, jotta ne huomaisivat hionnan mahdollisuudet valmistuksessa.

Yksi mahdollisuus saada laitteelle tunnettavuutta ja markkinoita voisi olla käydä yrityksessä kiinteällä tuntiveloituksella suorittamassa pinnan viimeistelyjä, jotta asiakkaat huomaisivat, kuinka nopeaa viimeistely voi olla.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä käsiteltiin erittäin pientä ja erikoista osa-aluetta metalliteollisuudessa käytetyistä työstömenetelmistä. Työssä perehdyttiin uuteen hiontateknologiaan käytännön sovelluksen sekä teorian pohjalta.

7.1 Johtopäätökset ja pohdinta

Laite saatiin rakennettua toimintakuntoiseksi neljässä työpäivässä Jyväskylässä, tosin ensimmäisiä testihiontoja en päässyt näkemään. Tämän opinnäytetyön tekeminen oli mielekästä alusta alkaen, sillä omalla työpanoksella oli merkitystä pienelle yritykselle ja sain olla mukana uuden teknologian kehitystyössä. Pääsin myös mukaan ensimmäisen laitteen asiakastoimitukselle ja siellä oli mukava huomata, että yrityksessä oli jo saatu hankittua uusia töitä ja ideoita laitteen hankinnalla.

Mielestäni työ onnistui hyvin, sillä nyt yrityksellä on perustiedot laitteen mahdollisuuksista, joten seuraava vaihe onkin ostajien löytäminen. Opinnäytetyön prosessi kesti miltei yhdeksän kuukautta, mutta yrityksen kiireiden takia keväällä työn aloittamista siirrettiin loppukevääseen. Varsinainen työaika oli huhtikuun lopusta syyskuuhun.

7.2 Loppusanat

Opinnäytetyön tekemisen aikana olen päässyt myös tutustumaan erityyppisiin paikallaan hiontoihin peritehtailla Suomessa ja Saksassa yrityksen mukana, joten olen päässyt näkemään nauhahionnan teorian toteutumista käytännön kohteissa erityyppisissä hiontatöissä. Opinnäytetyön ja hiontatöiden tekeminen tehtailla ovat olleet melko kasvattava kokemus kohti insinöörin uraa ja tulevia työtehtäviä.

Työn aloittaessani en tiennyt hionnasta juuri mitään, mutta teoriaa tutkiessani ja kirjoittaessa olen saanut jo hyvän käsityksen, mihin hiontaa voidaan soveltaa.

Lopuksi haluan esittää kiitoksen Wintechin koko henkilöstölle ja opinnäytetyön ohjaajalle Heikki Salmelalle. Tahdon myös kiittää vaimoani ja tytärtäni hyvästä suhtautumisesta insinööriopintoihini.

LÄHTEET

- Aaltonen K., Andersson P. & Kauppinen V. 1997, Koneistustekniikat, Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Bartsch, W. 1969. Koneistajan kirja 2. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Koirikivi, M. 2013, Telojen kunnostus paperikoneen runkovälissä. Tampereen teknillinen yliopisto, konetekniikan koulutusohjelma, diplomityö.
- Koirikivi, K. 2016, henkilökohtainen tiedonanto, keskustelut työn ohessa, tammi-syyskuu 2016.
- Piskonen, H. 2011, Metalliliitto, 7.11.2011, <https://www.metalliliitto.fi/uutiset/-/news/195332>, viitattu 5.9.2016
- Päijät-Hämeen käräjäoikeus 2016. Sorvaaja puristui kuoliaaksi - johtajille sakkoja ja yhtiölle 20 000 euron yhteisösakko, 4.1.2016, Aluehallintovirasto, <http://goo.gl/3odMKX>, Päijät-Hämeen KO tuomio nro 15/156175, asianro: R 15/1486, viitattu 5.9.2016.
- SFS-EN ISO 4287. Geometrical product specifications (GPS). Surface texture: Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters, 1999.
- Seco 2012. Secotools turning 2012. Työkaluvalmistajan tuoteluettelo, https://www.secotools.com/CorpWeb/Downloads/seconews2_2011/MN/turning/Turning%202012_GB_LR.pdf, viitattu 6.9.2016.
- Tähtinen, S. 2009. Pinnanlaadun määrittystekniikat ja mittauslaitteet viimeistelysorvauksen yhteydessä, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, konetekniikan koulutusohjelma, kandidaatin työ.
- Wintech Oy 2016. Periaatekuvat, havainnot yrityksen koneista ja laitteista. Valokuvien käyttöön lupa on kysytty ja saatu yritykseltä.

Taulukon tulokset

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PINNANLAATU SORVAUKSESSA								
2	Halkaisija 650 mm, pituus 820 mm.								
3									
4	Ra [μm]	F [mm/n]	R _e [mm]	n [1/min]	Vc [m/min]	l (mm)	Dc [mm]	f[mm/min]	t[min]
5	6,4	0,4	0,8	40	81	820	650	16	51
6	3,6	0,3	0,8	40	81	820	650	12	68
7	1,6	0,2	0,8	40	81	820	650	8	103
8									
9	HIONNAN TYÖSTÖAJAT								
10		F [mm/n]	n [1/min]	l (mm)	Dc [mm]	f[mm/min]	t[min]		
11	Kark.	4	40	820	650	160	5		
12	Viim.	2	40	820	650	80	10		
13									
14	Kaavat taulukossa								
15	$R_a = F^2 / 32 * R_e$								
16	$f = n * F$								
17	$t = s / v$								
18									