



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LENNI REPONEN

Käsihiomakoneet teollisuudessa

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2024

TIIVISTELMÄ

Reponen, Lenni: Käsihiomakoneet teollisuudessa
Opinnäytetyö, AMK
Konetekniikka
Toukokuu 2024
Sivumäärä: 73

Käsihiomakoneisiin kuuluvat kulmahiomakone, suorahiomakone, karahiomakone, tasohiomakone sekä harvinaisemmat koneratkaisut. Tässä opinnäytetyössä pyrittiin kertomaan koneista ja niiden oikeellisesta käytöstä, laikkojen ja muiden työkalujen oikeaoppisesta valinnasta, erilaisista hiontamenetelmistä ja hionnan käyttökohteista, hiomakoneiden kunnossapidosta sekä hionnan turvallisuudesta ja terveyshaitoista.

Työn tavoitteena oli muodostaa mahdollisimman laaja-alainen katsaus käsihiomakoneista. Toimintaan ja käyttöön liittyvien seikkojen lisäksi työssä tutkittiin koneiden historiaa ja tulevaisuutta. Keskeisenä tekijänä tulevaisuuden tarkastelussa toimi teollisuus 4.0 eli neljäs teollinen vallankumous. Työssä pohdittiin, katoavatko käsihiomakoneet tulevaisuudessa ja millaisia muutoksia koko teollisuus tulee kohtaamaan.

Opinnäytteen toimeksiantajana toimi Reponen Oy, joka on Nakkilassa toimiva alihankintakonepaja. Tästä johtuen käsikoneita käsiteltiin pääasiassa metalliteollisuuden ja erityisesti siihen kuuluvan konepajateollisuuden näkökulmasta, mutta myös muita teollisuuden aloja sivuttiin. Reponen Oy voi hyödyntää tätä opinnäytetyötä esimerkiksi kesätyöntekijöiden perehdyttämisessä. Vaikka työ kirjoitettiin yritykselle, lopputulos on melko yleispätevä.

Työ aloitettiin tutkimalla aihepiiriin liittyvää kirjallisuutta. Tämän pohjalta tehtiin havainto, että käsikoneita käsitteleviä teoksia oli heikosti saatavilla niin suomeksi kuin vierailta kielillä. Suurin osa kirjallisuudesta oli kirjoitettu viime vuosikymmenellä tai niissä käsiteltiin esimerkiksi hiontaa tai lastuavaa työstöä laajempina kokonaisuuksina, jolloin tyypillisesti käsihiomakoneista kerrottiin vain muutamilla sivuilla. Opinnäytetyön lopputulos toteutettiin kokoamalla yhteen tietoa kirjoista ja muista alan julkaisuista, valmistajien ja jälleenmyyjien verkkosivuilta sekä muista asiaan liittyvistä lähteistä. Niiden pohjalta saatiin koottua käsihiomakoneopas, jossa koneita tarkastellaan sekä käytännön että teorian tasolla.

Avainsanat: hionta, hiomakone, käsihiomakone, laikka, metalliteollisuus, teollisuus 4.0

ABSTRACT

Reponen, Lenni: Portable grinding machines in industry
Bachelor's thesis
Mechanical engineering
May 2024
Number of pages: 73

Portable grinding machines include angle grinders, straight grinders, die grinders, portable sander machines and rarer machine solutions. In this thesis, an effort was made to tell about machines and their correct use, about the correct choice of grinding discs and other tools, different grinding methods and applications of grinding, maintenance of grinding machines and the safety and health hazards of grinding.

The goal of the work was to create as broad an overview as possible of portable grinding machines. In addition to aspects related to operation and use, the work also studied the history and future of machines. Industry 4.0, the fourth industrial revolution, was a key factor in examining the future. The work considered whether hand grinders will disappear in the future and what kind of changes the entire industry will face.

The thesis was commissioned by Reponen Oy, which is a subcontracting workshop operating in Nakkila, Finland. Because of this, machines were mainly examined from the point of view of the metal industry and especially the engineering industry that belongs to it, but other industrial sectors were also sidelined. Reponen Oy can use this thesis, for example, in training summer employees. Although the work was written for a company, the end result is quite universal.

The work started by studying the literature related to the topic. Based on this, the observation was made that books dealing with portable grinding machines were scarcely available, both in Finnish and in foreign languages. Most of the literature was written in the last millennium or they dealt with grinding or chip removal as a broader entity, in which case portable grinding machines were typically only told about in a few pages. The result of the thesis was composed by gathering information from books and other publications, from the websites of manufacturers and retailers, and from other related sources. Based on them, a manual for portable grinding machines was compiled, in which the machines are examined both on a practical and a theoretical level.

Keywords: grinding, grinding machine, portable grinding machine, grinding disc, metal industry, industry 4.0

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	6
2.1 Reponen Oy	6
2.2 Toimeksianto	7
3 MITÄ ON HIOMINEN?	7
3.1 Mitä hiominen on?	7
3.2 Historia	8
4 KÄSIHIOMAKONEET	11
4.1 Hiomakoneet	11
4.2 Käsihionta.....	11
4.3 Erilaiset käsihiomakoneet ja niiden toiminta	11
4.3.1 Suora- ja karahiomakone.....	11
4.3.2 Kulmahiomakone	13
4.3.3 Tasohiomakoneet	14
4.3.4 Muut hiomakoneet	16
4.4 Huomioita koneen valinnasta	18
4.4.1 Koneet noudattavat standardeja.....	18
4.4.2 Käyttövoima	18
4.5 Käsihiomakoneiden terminologiaa ja lempinimiä.....	19
5 LAIKAT JA MUUT TYÖKALUT	20
5.1 Käsihionnan työkalut	20
5.2 Mitä ovat hioma- ja sideaine?	20
5.3 Laikan merkinnät	22
5.3.1 Laatumerkintä	24
5.3.2 Laikan koon vaikutus	27
5.3.3 Laikkavalinnan vaikutus materiaalin poistoon	28
5.4 Markkinoilla olevat laikat ja niiden käyttötarkoitukset	28
5.5 Hiomapaperit käsihiomakoneissa	34
5.6 Muut työkalut	38
5.7 Työkalun vaihto	40
5.8 Eri materiaalien hionta.....	42
6 KÄSIHIONTAMENETELMÄT	45
6.1 Hiontaprosessi.....	45
6.2 Menetelmien esittely	46
6.3 Hiontavirheitä	49

7 HIONNAN RAKENTEELLISET JA LUJUUSOPILLISET SYYT	51
7.1 Hionnan merkitys hitsatussa rakenteessa	51
7.2 Lujuusoppi, pyöristys ja pintavirheiden poistaminen.....	55
7.3 Pinnoitus.....	58
8 KUNNOSSAPITO, TYÖTURVALLISUUS JA TERVEYSHAITAT.....	59
8.1 Kunnossapito.....	59
8.2 Työturvallisuus ja terveyshaitat	60
9 KÄSIHIOMAKONEIDEN TULEVAISUUS	65
9.1 Korvaavia menetelmiä käsihionnalle	65
9.2 Käsihiomakoneiden tulevaisuus teknologisten megatrendien keskellä	69
LÄHTEET.....	73

1 JOHDANTO

Käsihiomakoneet ovat todella yleinen näky teollisuudessa. Siitä huolimatta teoksia, jotka käsittelevät koneiden toimintaa ja käyttöä, ei juurikaan ole tai ne on kirjoitettu viime vuosituhanella. Moderneissa hiontaa tai lastuavaa työstöä käsittelevissä kirjoissa käsihiomakoneista kerrotaan vain lyhyesti muutamalla sivulla. Vaikka aihe ei ole erityisen uusi tai haastava, siihen liittyy monia asioita, jotka olisi hyvä tiedostaa. Tässä opinnäytetyössä nämä asiat pyritään tuomaan esille. Työn tarkoituksena olisi toimia laaja-alaisena käsihiomakoneoppaana, jossa aihetta käsitellään niin käytännön kuin teorian näkökulmasta.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

2.1 Reponen Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Reponen Oy. Yritys on vuonna 1986 perustettu Nakkilassa toimiva vaativia keskiraskaita teräsrakenteita valmistava alihankintakonepaja. Reponen Oy:n asiakkaita ovat muun muassa Stryni Oy, Suominen, Risutec Oy, Konecranes, Metso ja Sampo-Rosenlew. Näistä Konecranes on tällä hetkellä suurin tilaaja. Reponen Oy:n teollisuushalli on esitetty kuvassa 1. (Reponen Oy, 2018.)



Kuva 1. Reponen Oy:n teollisuushalli.

2.2 Toimeksianto

Reponen Oy käyttää käsihiomakoneita lähes kaikissa valmistamissaan tuotteissa ja tästä johtuen yrityksellä kuluu useampi sata laikkaa vuodessa. Firma palkkaa yleensä kesäisin harjoittelijoita, joiden työtehtäviin kuuluu erilaiset hiontaprosessit. Yritys on havainnut, ettei kesätyöntekijöillä ole usein käsitystä hiomatyön merkityksestä teollisten tuotteiden valmistuksessa. Vaikka hiominen ei lähtökohtaisesti ole vaikea asia, väärin toteutettuna se voi olla jopa hengenvaarallista. Tämän opinnäytetyön avulla yrityksellä on mahdollisuus perehdyttää työntekijät oikeaoppiseen, kustannustehokkaaseen ja turvalliseen käsihiontaan.

3 MITÄ ON HIOMINEN?

3.1 Mitä hiominen on?

Hionta on lastuva työmenetelmä, jossa terävät ja kovat hioma-aineen jyvät poistavat materiaalia pehmeämmästä kappaleesta. Hiontaa käytetään

hyvin laaja-alaisesti eri materiaaleihin ja eri toimialoilla. Yleisimpiä käyttökoh- teita ovat metalliteollisuuden erilaiset tuotteet, rakennusalan monet kohteet sekä korukivien hionta. (Toivonen ym., 1982, s. 93.)

3.2 Historia

Erilaisten teknisten innovaatioiden ymmärtäminen helpottuu, kun tunnetaan niiden historia. Hionnan historia ulottuu kivikaudelle asti, jolloin ihminen oppi tekemään kivistä, puusta ja luusta valmistettuja työkaluja. Kivikaudella väestö alkoi kasvaa, joka edellytti metsien raivausta. Tähän tarkoitukseen käytettiin varrellisia piilu- ja talsokirveitä. Ensimmäiset kirveenterät olivat karkeasti loh- kottuja kivenpaloja. Neoliittisellä kivikaudella hiomatekniikat kehittyivät. Ajan- jaksolta on löydetty kiillotettuja kivityökaluja. Hiekka oli yleinen hioma-aine. Työkaluja voitiin valmistaa kovemmasta kivistä ja hionnan avulla saavutettiin sileä lopputulos. (Toivonen ym., 1981, s. 26-27.)

Hionnan ja varsinkin teroittamisen kannalta merkittävä keksintö on ollut hio- makivi. Keskiajalla esimerkiksi hiekkakivi oli yleinen hiomakivilaji raudan teroit- tamisessa. Hionta tehtiin käsin, mikä oli hidas ja vaativa prosessi. Työstä saa- tiin merkittävästi helpompaa ja nopeampaa, kun tahko keksittiin. Tämä tapah- tui historiallisten arvioiden mukaan 800-luvulla Euroopassa ja mahdollisesti vielä aikaisemmin Kiinassa. Tahko koostui pyöreästä hiomakivestä, jossa oli reikä keskellä. Reikään työnnettiin kampi, josta kiveä voitiin pyörittää. (Gies & Gies, 1995, s. 65-66.)

Renessanssin aikaan hiomataito oli hyvin kehittyntä. Ensimmäisen hiomako- neen piirustuksen ja selostuksen loi Leonardo da Vinci. Hänen koneessaan oli viisi hiomakiekkoa, jotka oli valmistettu puusta ja päällystetty nahalla. Hion- nassa käytettiin öljyä sekä merkeä eli kaakelisavea. Kuvassa 2 on Hans Col- laertin tekemä vaskipiirros 1500-luvun loppupuolelta, josta voidaan vielä tänä- kin päivänä nähdä, kuinka vesirattaalla toimivaa hiomaa on käytetty teräksis- ten haarniskojen hiomiseen. (Airas, 1936, s. 290.)



Kuva 2. Collaertin vaskipiirros (The Museum of Fine Arts, 1997).

1700-luvun vaihteessa maailma muuttui pysyvästi, kun höyrykoneen kehitys alkoi. Vaikka ensimmäinen tunnettu höyrykone oli keksitty noin vuonna 50 Heron Aleksandrialaisen toimesta, ymmärrettiin sen käytännön hyödyt vasta noin 300 vuotta sitten. 1800-luvulla höyrykoneita kehitettiin jatkuvasti, mutta samalla alettiin käsittää, että sähkö- ja polttomootoreilla on parempi hyötysuhde. Näiden myötä 1900-luvulla yleistyivät käsissä pidettävät moottorilla toimivat työvälineet. Näihin lukeutuvat myös käsihiomakoneet. (Real Engineering, 2016.)

1900-luvulla tekniikka kehittyi huimaa vauhtia ja teollisuuden tuotantolaitoksissa otettiin käyttöön uusia tuotantovälineitä. Monenlaisia hiomakoneratkaisuja oli saatavilla ja jotkut niistä on käytössä vielä tänäkin päivänä. 1930-luvulla teollisuudessa alkoi näkyä ensimmäisiä nykypäiväisiä käsihiomakoneita esittäviä koneita. Ne tunnettiin "siirrettävä käsihiomakone" -nimellä ja niissä oli sähköllä tai paineilmalla toimiva moottori. Kuvassa 3 on tällainen sähkömoottorilla toimiva kone. Siirrettäviä käsihiomakoneita käytettiin muun muassa raskaiden valukappaleiden puhdistuksessa, teräsaineiden pintahionnassa,

autokorien uuttosaumojen puhdistuksessa sekä kaikenlaisten valukappaleiden vaikeissa hiontapaikeissa. (Oy Machinery Ab, 1933, s. 3-7.)



Kuva 3. Siirrettävä sähköhiomakone (Oy Machinery AB, 1932b, s. 4).

Tekniikka kehittyi entisestään ja vuonna 1954 saksalaisyritys Ackermann & Schmitt (nykyinen Flex) toi markkinoille ensimmäisen suurnopeuskulmahiomakoneen. Koneen erinomaiset käyttömahdollisuudet huomattiin ja se on vakiinnuttanut asemansa osaksi teollisuutta. Nykypäivänä kulmahiomakoneet ovat yleisimpiä käsihiomakoneita. Kulmahiomakoneiden jälkeen markkinoille on tullut myös monia muita käsihiomakone ratkaisuja, mutta mikään niistä ei ole mullistanut teollisuutta. Vanhoille käsihiomakoneille on kuitenkin onnistuttu tekemään kehitystyötä, jolla on voitu parantaa koneiden käyttömukavuutta ja turvallisuutta. Suurimmat käsihiomakoneita koskevat innovaatiot ovat pääosin kuitenkin olleet laikkojen ja muiden työkalujen kehityksessä. Vaikka käsihiomakoneiden historia vie kauas, koneet ovat vielä tänäkin päivänä yleinen näky teollisuudessa. (Flex, 2022.)

4 KÄSIHIOMAKONEET

4.1 Hiomakoneet

Hiomakone on yleisnimitys hiomiseen käytettävästä moottoroidusta työkooneesta. Erilaisia hiomakoneita on paljon. Oikean koneen valintaan vaikuttaa käyttötarkoitus, koneen koko, työstötarkkuus sekä työstösarjan koko. Erilaisia hiomakoneita ovat esimerkiksi penkki-, nauha-, käsi-, taso-, pyörö-, sisä-, pyörtö-, työkalu-, kopio-, hammaspyörä-, kierre- ja NC-hiomakoneet. (Maaranen, 2012, s. 88.)

4.2 Käsihionta

Käsihionta on materiaalia poistava työskentelymenetelmä, joka toteutetaan käsissä pidettävillä hiomavälineillä. Käsihiomaprosessi voidaan toteuttaa myös käsihiomakoneiden avulla. Koneiden käyttövoimana toimii yleensä sähkö tai paineilma. Erilaisia käsihiontakoneita ovat esimerkiksi suorahiomakone, karahiomakone, kulmahiomakone ja tasohiomakone. Hiontaprosessi tapahtuu hiomakoneissa yleensä pyörivien laikkojen tai muiden työkalujen avulla. Näillä on mahdollista esimerkiksi pyöristää, teroittaa, tasoittaa, leikata tai kiillottaa erilaisia kappaleita. (Ansaharju ym., 1980b, s. 56-75.)

4.3 Erilaiset käsihiomakoneet ja niiden toiminta

4.3.1 Suora- ja karahiomakone

Suorahiomakoneessa moottori on suorassa linjassa akseliin nähden ja hiomatyökalu on akselissa kiinni. Tällainen hiomakone soveltuu melko raskaaseen hiontatyöhön. Suorahiomakoneiden työkalut ovat pääasiassa suoraa laikkoja, mutta siihen sopivat myös erilaiset teräsharjat ja kiillotuslaitat. Suorahiomakoneen akseli on pidennetty ja peitetty kotelolla, joka toimii toisena kädensijana. Suorahiomakoneiden tyypillinen pyörimisnopeus on 3000 – 7200 1/min. Nopeuteen vaikuttavat koneen malli ja laikkakoko. Hiontatyö suoritetaan laikan

kehäpinnalla. Kuvassa 4 on esimerkki suorahiomakoneesta. (Maaranen, 2012, s. 92.)



Kuva 4. Suorahiomakone (Makita, 2014).

Karahiomakoneet ovat pääasiassa suorahiomakoneita, joissa kierteellisen akselin sijaan työkalu kiinnitetään istukkaan. Istukan halkaisija on yleensä 6 mm. Karahiomakone soveltuu parhaiten kevyeen hiontaan, vähäiseen aineen poistoon, purseiden poistamiseen, ahtaisiin paikkoihin ja tarkkuutta vaativaan hiontaan. Koneen pyörimisnopeus on mallista ja koosta riippuen 9000 – 30000 1/min välillä. Vaikka karahiomakoneita on saatavilla myös kulmamamottorilla, mielletään karahiomakone yleensä suoraksi hiomakoneeksi. Karahiomakoneita myydään usein ”suorahiomakone” -nimellä. Sähköllä toimiva karahiomakone on esitetty kuvassa 5 ja paineilmalla toimiva kone on kuvassa 6. (Maaranen, 2012, s. 93.)



Kuva 5. Sähköllä toimiva karahiomakone (Hikoki, 2024).



Kuva 6. Paineilmalla toimiva karahiomakone (Finntools, n.d.).

Perinteisessä akselillisessä suorahiomakoneessa työkalu kiinnitetään suoraan akselille ja kiristetään mutterin avulla. Akselilla on laikan molemmin puolin välilevyt ja tukilaipat. Karahiomakoneessa teräsvartinen karalaikka kiinnitetään suoraan istukkaan ja kiristetään paikoilleen asennusavaimen avulla. Molemmissa konetyypeissä on painike, joka lukitsee akselin tai karan työkalun asennuksen ajaksi. (Ansaharju ym., 1980b, s. 71.)

4.3.2 Kulmahiomakone

Kulmahiomakone on yleisin käsihiomakone. Koneen moottorin akseli on 90 asteen kulmassa laikan akseliin, josta kulmahiomakone on saanut nimensä. Kulmahiomakoneessa voidaan käyttää esimerkiksi napa-, katkaisu-, puhdistus-, ja kiillotuslaikkoja sekä teräsharjoja. Kuvassa 7 on eri kokoiset kulmahiomakoneet. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 309.)



Kuva 7. Eri kokoiset kulmahiomakoneet (IKH, n.d.-b).

Laajan laikkavalikoiman ansiosta kulmahiomakoneet ovat monipuolisia hiomakoneita. Kulmahiomakoneita on saatavilla eri kokoisina malleina, joten ne soveltuvat sekä raskaaseen että kevyeen hiontatyöhön. Pienemmissä koneissa virtanappula pysyy yleensä pohjassa, kunnes se vapautetaan, mutta suuremmissa koneissa kone käy vain käynnistyskytkintä painettaessa. Esimerkkejä kulmahiomakoneiden käyttökohteista ovat hitsaussaumojen hionta, pintojen viimeistely, sekä putkien ja tankojen katkaisu. Kulmahiomakoneen pyörimisnopeus on mallista ja laikasta riippuen 7200 – 12000 1/min välillä. (Maaranen, 2012, s. 92-93.)

Kulmahiomakoneissa työkalut ovat tyypillisesti kiinni kiristysmutterin avulla. Työkalunvaihto tapahtuu perinteisesti koneen mukana tulevan laikka-avaimen avulla, mutta nykyään on saatavilla myös pikakiinnitysmuttereita, joiden kanssa ei tarvita avaimia. Koneen takana oleva karalukituspainike estää akselin liikkumisen työkalun irrottamisen ja kiristämisen aikana. Kun nappi on painettuna pohjaan, kiristysmutteri voidaan irrottaa ja uusi laikka kiinnittää koneeseen. (Skil, 2022.)

4.3.3 Tasohiomakoneet

Muut yleisimmät käsihiomakonetyypit ovat suurimmaksi osaksi tasohiomakoneita. Erilaisia tasohiomakoneita on saatavana paljon ja ne soveltuvat erilaisiin

käyttötarkoituksiin. Koneita on saatavana pyörivällä tai oskiloivalla työkalulla. Esimerkiksi käsissä pidettävät epäkesko-, nauhahioma- ja kärkihiomakone ovat kaikki tasohiomakoneita. Esimerkkejä erityyppisistä koneista voidaan nähdä kuvasta 8. Tasohiomakoneiden työkalut voivat olla hiomapapereita, napa- tai kartiokuppilaikkoja. (AEG Heimwerker, 1977, s. 23-25.)



Kuva 8. Erilaisia tasohiomakoneita (Wonkee Donkee Tools, 2020).

Metalliteollisuudessa käytetyt tasohiomakoneet ovat yleensä laikallisia. Tällaisissa hiomakoneissa moottori on pystysuorassa ja laikka kiinnitetään suoraan moottorin akselille. Laikalliset tasohiomakoneet käyttävät joko napa- tai kartiokuppilaikkaa, jotka kiinnitetään samoin kuin kulmahiomakoneessa. Koneet on tarkoitettu rouhintahiontaan teräsrakennetöissä. (Ansaharju ym., 1980b, s. 73.)

Erilaiset tasohiomakoneet ovat yleisiä etenkin rakennus- ja autoteollisuudessa. Laikallisten koneiden lisäksi on erilaisia tasohiomakoneita, jotka käyttävät hiomapaperisia työkaluja. Nelikulmaisella hiomapohjalla varustettu oskiloiva tasohiomakone sopii isojen pintojen tarkkaan viimeistelyyn. Kärkihiomakoneessa on kolmion muotoinen hiomapohja, joka mahdollistaa kulmien ja

reunojen viimeistelyyn. Yhdistelmähiomakone yhdistää kahden edellä mainitun ominaisuudet ja sen pohjan muoto muistuttaa silitysrautaa. Epäkeskoshiomakone käyttää pyöreää hiomapohjaa ja se soveltuu sekä laajoille alueille että viimeistelyyn myös kaarevilla pinnoilla. (Skil, 2022.)

Vaikka nauhahiomakoneita on saatavilla myös käsihiomakoneina, mielletään nauhahiomakoneet tyypillisesti perinteisiksi malleiksi, jotka ovat kiinteästi paikallaan ja työkappaletta työnnetään nauhaa vasten. Käsissä pidettävää nauhahiomakonetta kutsutaan myös käsinauhahiomakoneeksi tai pienoisnauhahiomakoneeksi. Käsinauhahiomakoneita on eri mallisia, kuten nauhaviilauskone ja putkien hiontaan tarkoitettu putkihiomakone. Nauhahionta on monipuolinen ja edullinen hiontamenetelmä. Sen avulla voidaan saavuttaa suuri materiaalinpoisto tai viimeistely pinnanlaatu, riippuen käytetyn nauhan karkeudesta. (Klingspor, 2023.)

4.3.4 Muut hiomakoneet

Edellä mainittujen hiomakoneiden lisäksi on olemassa harvinaisempia hiomakoneratkaisuja. Erilaisia käsihiomakoneita on saatavana erilaisilla nimikkeillä, vaikka ne eivät eroaisi toimintaperiaatteeltaan yleisimmistä hiomakonetyypeistä. On kuitenkin myös koneita, jotka ovat syystäkin nimetty uudella tavalla.

Monitoimihiomakoneet ovat laaja-alainen käsite, josta johtuen nimikkeellä voidaan myydä monenlaisia koneita. Lähtökohtaisesti monitoimihiomakoneet voidaan jakaa kahdenlaisiin koneisiin. Toinen niistä on karahiomakone, jossa on vaihdettava istukka erilaisille työkaluille, ja toinen on tasohiomakone, jossa on vaihdettava hiomapohja. Muita hiomakoneita, joissa vanhat hiomakoneratkaisut on saatu pienillä muutoksilla uuden markkinointinimikkeen alle, ovat katto- ja seinähiomakone sekä pienoishiomakone. Katto- ja seinähiomakone on pitkävärtinen tasohiomakone. Pienoishiomakone on joustavavartinen karahiomakone. (Biltema, n.d.)

Laikkaleikkurit ja suorakatkaisukoneet ovat leikkuutyöhön tarkoitettuja koneita, jotka toimivat vaihtoehtoina katkaisulaikalla varustetulle kulmahiomakoneelle. Laikkaleikkurin runko muistuttaa moottorisahaa. Leikkurin työkaluina toimivat katkaisulaikat. Laikkaleikkureissa voi olla vesiletkuliitäntä, jolloin ne soveltuvat myös märkäleikkuuseen. Suorakatkaisukoneet ovat pienikokoisia katkaisulaikalla varustettuja koneita. Tällaiset koneet on tarkoitettu tarkkuutta vaativaan leikkuutyöhön. Suorakatkaisukoneet toimivat yleensä joko sähköllä tai paineilmalla, mutta laikkaleikkureiden käyttövoimana toimii joko sähkö tai bensiini. (Milwaukee, n.d.)

Rullahiomakone on hiomakone, jonka työkalut ovat hiomarullia ja teräsharjoja. Tällainen kone sopii sekä laajojen alueiden että tarkkojen yksityiskohtien kuten urien hiontaan. Lähtökohtaisesti rullahiomakone on tarkoitettu puun hiontaan, mutta sitä voidaan käyttää esimerkiksi metallikappaleiden puhdistustöissä. (Bosch DIY and Garden Suomi, 2014.)

Kaikki hiomiseen soveltuvat koneet eivät ole hiomakoneita. Esimerkiksi porakoneet ovat tällaisia. Lähtökohtaisesti porakonetta ei voi laskea hiomakoneeksi, mutta porakone on kuitenkin pyörimisliikkeen antava kone, joten sitä voidaan soveltaa hiomistyökalujen kanssa hiontatyöhön. Porakoneissa voidaan esimerkiksi käyttää hiomarullia ja teräsharjoja, jolloin niiden toimintaperiaate vastaa hiomakonetta. Jotkut hiomarullat ovat tarkoitettuja käytettäväksi vain porakoneessa, eivätkä ne kestä esimerkiksi suorahiomakoneen suurempaa pyörimisnopeutta. (Skil, 2022.)

Kiillotuskoneet ovat toimintaperiaatteeltaan kuin hiomakoneet, mutta niiden työkalut ovat erilaisia ja pyörimisnopeus on alhaisempi. Koneet ovat tarkoitettuja pinnan viimeistelyyn, mutta niillä ei ole tarkoitus hioa. Ulkoisilta ominaisuuksiltaan käsikiillotuskoneet muistuttavat perinteisiä käsihiomakoneita. (Parkkinen, 1945, s. 79-84.)

Edellä esitettyjen hiomakoneeratkaisujen lisäksi on olemassa paljon erilaisia harvinaisia käsihiomakoneita. Uusia käsikoneita kehitetään ja parannellaan

jatkuvasti. Yleensä uudet koneratkaisut vastaavat perusrakenteeltaan olemassa olevia käsikoneita, mutta niillä voi olla jokin erityistarkoitus.

4.4 Huomioita koneen valinnasta

4.4.1 Koneet noudattavat standardeja

Lähtökohtaisesti samantyyppiset koneet ovat keskenään vastaavanlaisia, koska ne noudattavat standardeja. Samantyyppisissä hiomakoneissa on kuitenkin pieniä merkkikohtaisia eroja. Vaikka koneiden toimintaperiaate on sama, eroja löytyy esimerkiksi koneiden muotoilusta ja työkalun kiinnittämisestä. Myös hiomakoneiden työkalut on standardoitu, joten muiden valmistajien työkalut sopivat myös kilpailijan koneisiin. Pienistä koneiden välisistä eroista huolimatta hiomakoneesta on aina löydyttävä tyyppikilpi. Siitä selviää koneen valmistaja ja - tyyppi, käyttöjännite tai -paine, suurin sallittu hiomalaikean halkaisija, kehänopeudet, suurin sallittu pyörimisnopeus, laikan pyörimissuunta, sekä tyyppihyväksyntä- ja turvallisuusmerkinnät. Tyyppikilven avulla pyritään parantamaan koneen turvallisuutta ja käyttöikä. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 310.)

4.4.2 Käyttövoima

Käyttövoimana käsihiomakoneet käyttävät yleensä joko sähköä tai paineilmaa. Molemmilla käyttövoimilla on omat etunsa. Todella harvinainen käsihiomakoneiden käyttövoima voi olla myös polttoaine. (FKM Schleifsystemtechnik, 2021.)

Sähkökäyttöisten koneiden etuina ovat helppo käyttövoiman saanti ja alhaisemmat käyttövoimakustannukset. Koneita on saatavilla johdollisten mallien lisäksi akkukäyttöisinä. Akkukoneissa ei ole johdon aiheuttamia työaluerajoitteita, mutta näiden tehot ovat tyyppillisesti johdollisia malleja alhaisempia ja teho voi laskea akun varauksen laskiessa. (Norton, 2020.)

Paineilmakäyttöisten hiomakoneiden etuina ovat koneen keveys, käyttövarmuus, pyörimisnopeuden portaaton säätömahdollisuus ja sähkötapaturma-vaaran pois jääminen. Paineilmaletkut kannattaa varustaa pikaliittimillä. Lisäksi koneelle menevään paineilmaletkuun kannattaa asentaa suodatin ja voiteluyksikkö, joilla voidaan ehkäistä koneen ennen aikaista kulumista. Paineilmakoneet soveltuvat parhaiten työhön, joka suoritetaan aina samassa paikassa. (Ansaharju ym., 1980b, s. 74.)

4.5 Käsihiomakoneiden terminologiaa ja lempinimiä

Käsihiomakoneiden terminologiassa voidaan havaita ristiriitoja, jotka pohjautuvat puhtaasti historiaan. Nykyään suurin osa teollisuudessa käytetyistä suorahiomakoneista sisältävät istukan eli ne ovat karahiomakoneita. Tämä johtuu siitä, että kulmahiomakone on vienyt perinteisen suorahiomakoneen tehtävät. Istukan sisältäviä suorahiomakoneita myydään sekä suorahiomakoneen nimellä että karahiomakoneen nimellä.

Suorahiomakoneesta puhuttaessa on kuitenkin aina selvää, että puhutaan käsissä pidettävästä koneesta, mutta tasohiomakone ei ole terminä yhtä selkeä. Tasohiomakone voi tarkoittaa käsissä pidettävää konetta tai massiivista työstökonetta. Esimerkiksi englannin kielessä termit on eroteltu ja käsissä pidettävä tasohiomakone on ”portable sander machine” ja työstökone on ”surface grinder.” Suomeksi molemmille laitteille on vain yksi sana, mikä voi tuottaa haasteita ymmärryksessä, jos konteksti ei ole tuttu. Englannin kielessä lähtökohtaisesti puulle tarkoitettua hiomapaperia käyttävää hiomakonetta kutsutaan nimellä ”sander,” ja lähtökohtaisesti metallille tarkoitettu laikkaa käyttävä kone tunnetaan ”grinder” -nimellä. Suomeksi sekä ”grinder” että ”sander” tarkoittavat hiomakonetta.

Varsinkin teollisuudessa on hyvin yleistä, että työkaluista ja koneista käytetään virallisten nimitysten sijaan lempinimiä. Tämän opinnäytetyön on tarkoitus toimia ohjeena työntekijöille, joten on tärkeää, että jotkut näistä laajasti käytössä olevista termeistä tuodaan tässä työssä esille. Karahiomakoneesta käytetään

– ehkä jopa hieman vulgaaria – lempinimeä mulkkumirkeli tai vinku. Kulmahiomakoneen puhekielisiä nimiä ovat esimerkiksi räälläkkä ja lentävä. Tasohiomakoneille ei ole mitään tiettyä vakiintunutta lempinimeä. Virallisissa tilanteissa on tärkeää käyttää sanakirjalähteiden mukaista kieltä, mutta työelämässä pääasia on, että kaikki ymmärtävät toisiaan. Näin vältetään väärinkäsitykset, virheet ja vaaratilanteet.

5 LAIKAT JA MUUT TYÖKALUT

5.1 Käsihionnan työkalut

Työkalun valinta on merkittävä osa hiomaprosessia, koska loppujen lopuksi hiomakoneet vain liikuttavat työkaluja. Hiomakoneiden työkalut ovat pääosin joko laikkoja tai hiomapapereita. Ne koostuvat sideaineesta ja hionta-aineesta. Laikoissa sideaine ja hionta-aine on yleensä koottuna kiinteäksi hiomakappaleeksi, kun taas hiomapapereissa sideaine on paperin tai kankaan pinnalla ja hionta-aine sen päällä. Paperit soveltuvat vain hiontatyöhön, mutta laikoilla voi myös leikata. Laikkoja ja papereita on todella paljon erilaisilla karkeuksilla, kovuuksilla, huokoisuuksilla ja rakenteilla. Laikkojen ja papereiden lisäksi muita työkaluja ovat esimerkiksi teräsharjat ja pyörivät viilat. (Valpola, 1971, palsta 596.)

5.2 Mitä ovat hioma- ja sideaine?

Hioma- ja sideaine ovat joko luonnosta saatuja tai synteettisesti valmistettuja aineita, joista hiontatyökalut pääosin muodostetaan. Hionta-aineet ovat kovia jyväisiä ja sideaine on nimensä mukaisesti aine, joka sitoo nämä jyvät yhteen. (Maaranen, 2012, s. 96-99.)

Sideaineita voivat olla esimerkiksi keraami, bakeliitti, kumi ja metallisideaineet. Keraaminen sideaine on yleisin. Se soveltuu pienille kehänopeuksille ja

tarkkuushiontaan. Bakeliittisideaine sopii parhaiten rouhintahiontaan. Tällä aineella on suuri lujuus ja joustavuus. Kumisideaineella saavutetaan hyvä pinnanlaatu. Metallisideainetta käytetään boorinitridi- ja timanttilaikoissa. (Maaranen, 2012, s. 98-99.)

Sideaineella on valtava merkitys laikan valmistuksessa, sillä se määrittää laikan kovuuden. Katkaisu- ja hiomalaikoissa sidonta-aineita ovat synteettinen hartsi ja sekoitetut täyteaineet. Hiomalaikka valmistetaan siten, että sideaine yhdistetään hioma-aineeseen. Yhdistämisen jälkeen laikka tiivistetään, kuivataan ja kalsinoidaan. (Klingspor, 2023.)

Hioma-aineet esiintyvät laikoissa eri kokoisten hiomajyvästen eli hiomarakeiden muodossa. Hiomarakeet ovat toimintaperiaatteeltaan kuin todella pieniä jyrsimen hampaita. Hionnassa kuitenkin rintakulma on valtaosin negatiivinen ja päästökulma vaihtelee kulumisen mukaan. Hioma-ainerakeiden muutoksilla voidaan vaikuttaa hiottavien kappaleiden pinnankarkeuteen ja mittatarkkuuteen. (Ihalainen ym., 1989, s. 187; Ryti ym., 1974, s. 376.)

Erilaisia hionta-aineita ovat esimerkiksi alumiinioksidi, boorinitridi, piikarbidi ja timantti. Yleisin hioma-aine on alumiinioksidi. Siitä valmistetut laikat voi tunnistaa mustasta, valkoisesta tai punaisesta väristään. Tästä valmistetut laikat sopivat sitkeiden aineiden hiontaan, joihin kuuluu hiili-, seos- ja pikateräkset. Boorinitridi sopii parhaiten esimerkiksi pikateräksen hiontaan, sillä se on kovaa ja lämmön kestävä aine. Piikarbidilaikat tunnistaa vihreästä tai harmaasta väristään. Laikat sopivat parhaiten aineille, joiden vetolujuus on pieni. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi valurauta, messinki, alumiini ja kovametalli. Timanttilaikat soveltuvat parhaiten kovametallin, lasin, keraamin, kiven ja muiden lyhytlastuisten materiaalien hiontaan. (Maaranen, 2012, s. 96-97.)

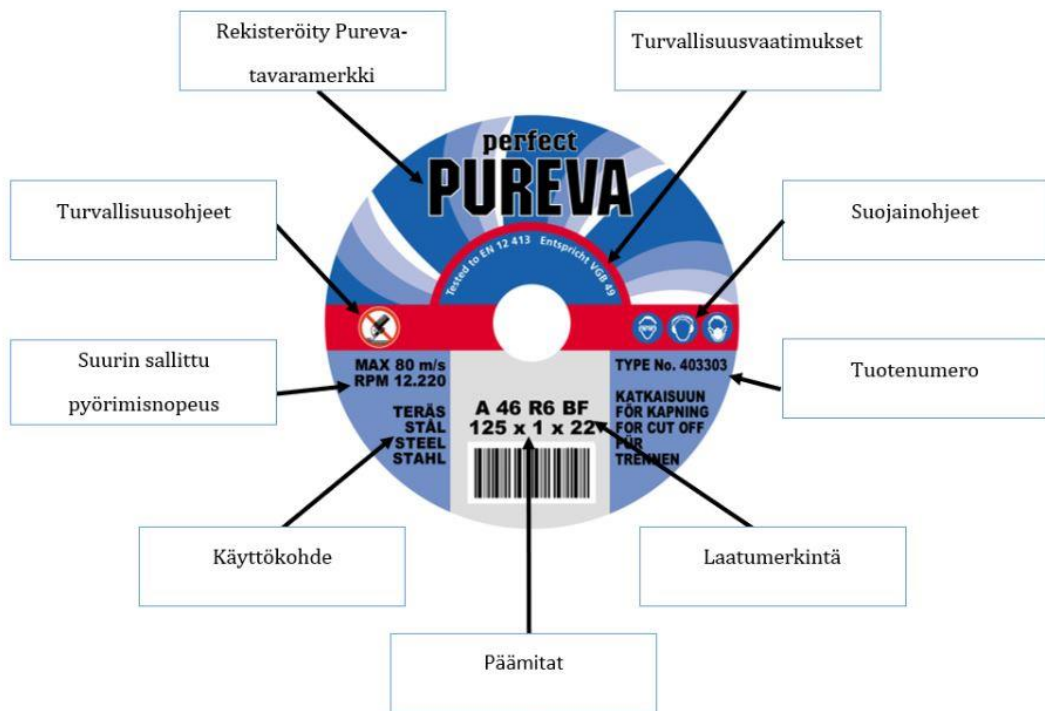
Luonnon hioma-aineiden käyttö on nykyään harvinaista. Timanttilaikat alkavat olla ainoita laikkoja, joissa luonnollisia aineita enää esiintyy. Niissäkin on kuitenkin jatkuvasti enenevässä määrin siirrytty käyttämään synteettisiä timantteja. Käytöstä poistuneita luonnon hioma-aineita ovat esimerkiksi smirgeli, luonnonkorundi, granaatit, kvartsi ja hohkakivi. (Kerminen, 2022b.)

Laikkojen ja paperien lisäksi hionta-ainetta esiintyy esimerkiksi hiekkapuhalluksessa, mutta silloin ei käytetä lainkaan sideainetta vaan hionta-aine suihkutaan ilmvirran avulla kappaleen pintaan. Hioma-aine esiintyy vapaana myös hiomatahnassa. (Toivonen ym., 1982, s. 93.)

5.3 Laikan merkinnät

Työkalun valintaan vaikuttaa hyvin monet seikat, kuten työkappaleen muoto ja materiaali, poistettava ainemäärä ja toivottu pinta. Laikat ovat yleisimpiä käsihionnan työkaluja. Oikean laikan valitseminen tehostaa työskentelyä, lisää turvallisuutta ja laskee kokonaiskustannuksia. (Universal Grinding Wheel Company, 1965, s. 8-29.)

Laikkoja merkitään erilaisten tunnusten avulla. Merkinnät löytyvät laikkojen takana olevista esitekorteista. Laikoista on löydettävä ainakin valmistajan nimi ja osoite, suurin sallittu kehänopeus (m/s), uuden laikan pyörimisnopeus (1/min), merkintä koekäytöstä, laikan mitat (laikan halkaisija x paksuus x reiän halkaisija) sekä ominaisuudet. Esimerkki laikan tunnistetiedoista on esitetty kuvassa 9. Tyypillisesti esitekorttien tiedot löytyvät myös laikkalaatikoiden kyljistä, kuten voidaan nähdä kuvasta 10. (Maaranen, 2012, s. 95.)



Kuva 9. Laikan tunnistetiedot (Pureva, 2020).



Kuva 10. Merkinntä lamelliikkalaatikoiden kyljissä.

5.3.1 Laatumerkintä

Laikan ominaisuudet ilmoitetaan laatumerkinnällä, joka koostuu numeroista ja kirjaimista. Ominaisuuksia ovat hioma-aine, karkeus, kovuus, rakenne ja sideaine. Kaikki valmistajat eivät ilmoita rakennetta, mutta laikoista voi löytyä valmistajien omia merkintöjä. (Maaranen, 2012, s. 95.)

Hioma-aine ilmoitetaan kirjaimilla A, B, C tai D. Näiden lisäksi hioma-ainemerkinnässä voi olla jokin numero tai kirjain, joka kertoo hioma-aineessa olevista muunnoksista. A kuvaa alumiinioksidia, B on boorinitridi, C merkitsee piikarbidia ja D on timantti. (Maaranen, 2012, s. 96-97.)

Hioma-aineen jälkeen laikan karkeus ilmoitetaan numeroilla. Numerot ilmaisevat jyvästen lajittelussa käytettävää seula-aukkojen lukumäärää pituustuumaa kohden. Pienempi luku merkitsee suurempaa jyvästen kokoa. Karkeudet voidaan lajitella karkeaan (10, 12, 14, 16, 20, 24), keskikarkeaan (30, 36, 46, 54, 60), hienoon (70, 80, 90, 100, 120) ja erittäin hienoon (150, 180, 200, 220, 240, 280, 320, 400, 500, 600). Karkea laikka soveltuu parhaiten hiomatyöhön, jossa tarvitaan suuri hiomateho, hiottava aine on pehmeää, laikan ja kappaleen välissä on suuri kosketuspinta sekä jälki saa olla karkeaa. Hienolla laikalla saadaan hyvä pinnanlaatu. Tällainen laikka kannattaa valita, kun kappale halutaan viimeistellä, hiotaan kovaa ainetta sekä työkappaleen ja laikan kosketuspinnan ollessa pieni. (Maaranen, 2012, s. 97.)

Seuraavaksi ilmoitetaan laikan kovuus. Se määräytyy sideaineen suhteellisen määrän mukaan. Pehmeä laikka on valmistettu vähäisellä sideaineen määrällä. Tällöin hiomajyvät irtoavat jo pienellä hiomapaineella. Kovassa laikassa on enemmän sideainetta ja jyvät pysyvät tiukemmin kiinni. Kovuus merkitään kirjainten avulla: A-H on pehmeä, I-P on keskikova ja Q-Z on kova. (Maaranen, 2012, s. 98.)

Nyrkkisääntönä laikankovuuden valinnassa on, että pehmeille materiaaleille tulisi valita kova laikka ja koville materiaaleille pehmeä laikka. Hiojan ei tule käyttää liian kovaa, muttei myöskään liian pehmeää laikkaa. Jos laikka on liian

kova, se ei kuoriudu kunnolla eli vanhat tylstyneet hiomajyvässet eivät irtoa ja uudet jyvässet eivät pääse niiden tilalle. Laikasta voi tulla käyttökelvoton, jos se ylikuumenee, tylstyy ja lasittuu. Pehmeä laikka poistaa hiottavaa ainetta erittäin tehokkaasti ja nopeasti, sillä uusia teräviä hiomajyväsiä tulee jatkuvasti laikan pinnalle. Tämä ei ole kuitenkaan pelkästään hyvä asia, koska laikkojen liian nopea kuluminen voi käydä etenkin pitkällä aikavälillä hintavaksi. (Klingspor, 2023.)

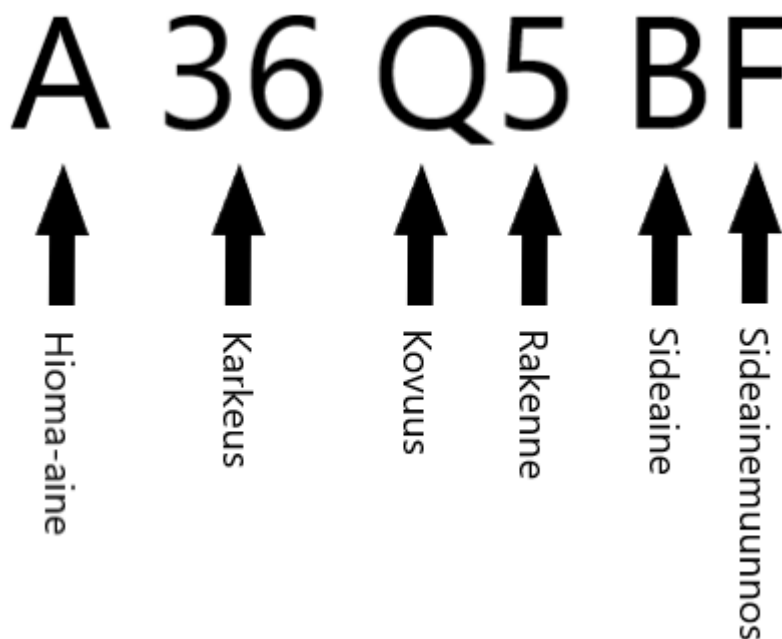
Laikan kovuuden jälkeen ilmoitetaan laikan rakenne. Kaikki valmistajat eivät ilmoita rakennetta, mutta usein se kerrotaan. Laikan rakenne tarkoittaa huokoisuutta. Rakenteen muodostuessa hiomajyväsistä, sideaineesta ja välitiloista, rakenne on sitä tiheämpi tai avoimempi, mitä pienempiä tai suurempia välitilat ovat. Rakenne kerrotaan numeroilla 0-12. Laikan välitilat ovat pieniä ja rakenne tiheä, jos luku on 0-3. Jos luku on 4-6, rakenne on keskitiheä. Lukuja 7-12 käytetään, jos välitilat ovat suuria ja rakenne on avoin. Tiheällä laikalla saadaan hyvä pinnanlaatu. Tällainen laikka sopii koville ja hauraille aineille. Tiheä laikka soveltuu tilanteisiin, joissa laikan ja työkappaleen välinen kosketuspinta on pieni, kun taas avoin laikka sopii näiden ollessa suuri. Avoimella laikalla saavutetaan suuri hiomateho. Tämän tyyppinen laikka on paras pehmeille ja sitkeille materiaaleille. (Maaranen, 2012, s. 98.)

Rakenteen jälkeen kerrotaan laikan sideaine. Yleisiä sideaineita ovat keraami, bakeliitti, kumi ja metallisideaineet. Keraamista käytetään kirjainlyhennettä V, bakeliitista lyhennettä B, kumisideaine on R ja metallisideaineesta käytetään kirjainta M. Sideainemerkintöjen mukana voi olla myös numeroita tai muita kirjaimia, jotka kuvaavat sideainemuutoksia. (Maaranen, 2012, s. 98-99.)

Mitä kovempaa ainetta hiotaan, sitä pehmeämpää laikkaa tulee käyttää. Jos hiontajäljellä ei ole nopeaan aineenpoistoon nähden merkitystä, valitaan avorakenteinen ja karkeajyväinen laikka. Mitä suurempi kosketuspinta laikan ja kappaleen välissä on, sitä pehmeämpää laikkaa tulee käyttää. Vankalla ja hyväkuntoisella hiomakoneella voidaan käyttää pehmeämpää laikkaa. Kehänopeuden ollessa alhainen, kova laikka tuntuu hiomatyössä pehmeämmältä. (Universal Grinding Wheel Company, 1965, s. 29-30.)

Laikan laatumerkinnän eli rakennekoodin loppuksi voi esiintyä erilaisia valmistajakohtaisia merkintöjä. Valmistajakohtaisten merkintöjen sijaan tai lisäksi laatumerkinnässä voi esiintyä laikan käyttöaluemerkintä. Käyttöaluemerkinnällä kerrotaan laikoille sopivista käyttökohteista. Jos käyttöaluemerkintä ei löydy laatumerkinnän perästä, se sijaitsee muualla laikan takana. Merkinnät voivat olla tekstin tai kuvien muodossa. Tekstimerkintänä voi lukea esimerkiksi teräs, inox, alu tai kivi. Käyttöaluemerkinnöistä kerrotaan myöhemmin lisää tässä opinnäytetyössä. (Wurth, 2019.)

Laikan valinnassa on huomioitava hiottava aine, poistettava ainemäärä, hiontajälki, laikan kosketuspinta, hiomakoneen kunto ja kehänopeus. Erilaisia laikojen ominaisuuksia tarvitaan, jotta erilaisiin töihin saadaan mahdollisimman korkealaatuinen ja kustannustehokas lopputulos. Ei ole olemassa vain yhtä laikkaa, joilla kaikki hiontatyöt saadaan tehtyä. Hiojan tehtävänä on valita jostaista työtä varten sopiva laikka. Kuvaan 11 on tiivistetty, mitä eri merkit tarkoittavat laikan laatumerkinnässä. (Universal Grinding Wheel Company, 1965, s. 29-30.)



Kuva 11. Esimerkki laatumerkinnästä.

5.3.2 Laikan koon vaikutus

Laikkoja on saatavana monessa eri kokoluokassa. Yleisiä laikkojen ulkohalkaisijoita – jos ei puhuta esimerkiksi karalaidoista – ovat 115 mm (4,5”), 125 mm (5”), 150 mm (6”), 180 mm (7”) ja 230 mm (9”). Näiden lisäksi on sekä isompia että pienempiä laikkoja jokaiseen tarpeeseen. Laikkojen sisähalkaisijat ovat 115-230 mm:n laikkojen kanssa 22,23 mm (7/8”). Niitä pienemmissä laikoissa sisähalkaisija on yleensä 16 mm (5/8”) ja suuremmissa laikoissa yleinen sisähalkaisija on 25,4 mm (1”). Laikan paksuuteen vaikuttaa käyttötarkoitus. Katkaisulaikat ovat ohuimpia laikkoja. Niiden paksuudet ovat usein 0,8-2,5 mm:n välillä. Yleensä paksuus kasvaa laikan ulkohalkaisijan kasvaessa, joten on myös pienempiä ja suurempia katkaisulaikkoja. 6 mm on melko tavallinen hiomalaikan paksuus. Kaikissa laikoissa paksuutta ei välttämättä ole merkitty. Näin voi olla esimerkiksi lamellilaidoissa. Väärän kokoisen laikan käyttö hiomakoneissa voi olla vaarallista. (Wurth, 2019.)

Liian suuren laikan käyttö hiomakoneissa voi olla vaarallista. Liian pieni laikka ei aiheuta vaaraa, mutta sen kanssa voi olla hankalaa työskennellä. Laikan maksimikokoa rajoittavana tekijänä toimii hiomakoneen laikansuoja. Sitä ei saa poistaa sillä ajatuksella, että suurempi laikka mahtuisi koneeseen. Pienellä kulmahiomakoneella voidaan saavuttaa suurempi pyörimisnopeus kuin suurella koneella. Pyörimisnopeudella tarkoitetaan nopeutta, jolla kone pyörittää laikkaa. Siitä saadaan laskettua kehänopeus, joka tarkoittaa laikan nopeutta. Kehänopeutta ei yleensä tarvitse laskea, koska se harvoin ylittyy, jos hiomakoneessa käytetään oikean kokoista laikkaa. Mikäli kehänopeus täytyy selvittää, se saadaan laskettua alla olevalla kaavalla. (Sataedu, 2010.)

Kehänopeus on $\pi \cdot$ halkaisijan pituus \cdot pyörimisnopeus

$$V = \pi \cdot d \cdot n$$

Laikka kuluu ja pienenee käytössä. Kun laikka on riittävän pieni, sen käytöstä etenkin suurissa koneissa voi tulla haastavaa. Tällöin saattaa syntyä kiusaus ottaa pienentynyt laikka ja käyttää sitä pienemmässä koneessa. Teknisesti tämä voi olla mahdollista, mikäli laikan maksimikierto nopeus ei ylitä ja laikan

viimeinen käyttöpäivä ei ole umpeutunut. Tyypillisesti laikanvalmistajat kuitenkin kieltävät laikkojen kierrätyksen pienemmissä koneissa. (Wurth, 2019.)

5.3.3 Laikkavalinnan vaikutus materiaalin poistoon

Laikanvalinnalla voidaan vaikuttaa materiaalin poistonopeuteen. Hiojat voivat ajatella, että painamalla laikkaa kappaleen pintaan voimakkaammin, voidaan nopeuttaa hiontaprosessia. Tämä pitää paikkansa, mutta asia ei ole niin yksinkertainen. Kun laikkaa painetaan liiallisella voimalla kappaleen pintaan, sen fyysiset ominaisuudet estävät nopeamman materiaalinpoiston. Hionnasta tulee tällöin tehotonta ja vaarallista, koska laikka voi särkyä. Tämän vuoksi laikanvalinta on tehokkain tapa tehostaa materiaalinpoistoa. (Atlas Copco, 2018.)

5.4 Markkinoilla olevat laikat ja niiden käyttötarkoitukset

Erilaisten laikan ominaisuuksien lisäsilajikoja on saatavilla eri muotoisina ja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tälle on syynsä, sillä on tärkeää, että erilaisissa työtehtävissä ja hiontatyön vaiheessa käytetään parasta mahdollista laikkaa. Laikan valinta on hiojan päätös. Vaikka hiojan hiontatekniikassa olisi puutteita, oikealla laikanvalinnalla pääsee pitkälle. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 311.)

Erilaisia laikkatyyppejä ovat esimerkiksi suora laikka, syvennetty suora laikka, suora kuppilaikka, kartiomainen kuppilaikka, lautaslaikka, katkaisulaikka, napalaikka, karalaikka ja nauhahiomapää. Näitä merkitään yleensä piirrosmerkein, jotka on esitetty kuvassa 12. Valmistajilla voi olla merkinnöissään eroja, mutta lähtökohtaisesti piirtomerkit ovat samanlaisia. Merkinnät kuvaavat laikan mallia, mutta laikkaa ostettaessa tulee huomioida, että laikka voi olla samaan aikaan esimerkiksi napalaikka (muoto) ja hiomalaikka (käyttötarkoitus). (Maaranen, 2012, s. 94-95.)

Laikkatyyppi	Esimerkkejä käyttökohteista	
 Suora laikka	Penkkihiomakoneet Suorat käsihiomakoneet	Työkaluhiomakoneet Tasohiomakoneet
 Syvennetty suora laikka	Penkkihiomakoneet Työkaluhiomakoneet	
 Suora kuppilaikka	Penkkihiomakoneet Työkaluhiomakoneet	Tasohiomakoneet
 Kartiomainen kuppilaikka	Työkaluhiomakoneet Tasohiomakoneet	Kulmahiomakoneet
 Lautaslaikka	Työkaluhiomakoneet	
 Katkaisulaikka	Kulmahiomakoneet	
 Napalikka	Kulmahiomakoneet	
 Karalaikka	Karahiomakoneet	
 Nauha-hiomapää	Karahiomakoneet	

Kuva 12. Erilaiset laikkatyytit ja niiden käyttökohteet (Maaranen, 2012, s. 95).

Laikkoja markkinoidaan monilla eri nimikkeillä, vaikka ne olisivat keskenään samanlaisia. Kun nettiin kirjoittaa sanan laikka, voi huomata, että laikkoja on saatavilla esimerkiksi nimikkeillä: hiomalaikka, katkaisulaikka, avauslaikka, karalaikka, lamellilaikka, liuskelaikka, liuskalaikka, sulkalaikka, viuhkahiomalaikka, puhdistuslaikka, viimeistelylaikka, kuitulaikka, karhunkielilaikka, nailonlaikka, kiillotuslaikka, puuvillakiillotuslaikka, kangaslaikka, huopalaikka, timanttilaikka, pikalaikka, tukilaikka, aluslaikka, tarralaikka ja fiiberilaikka. Edellä mainittujen lisäksi markkinoilla on valtavasti enemmän laikkoja, mutta listauksen avulla saa hyvin osviittaa laikkojen valikoimasta.

Yleisimmät laikkanimikkeet ovat hiomalaikka ja katkaisulaikka. Niiden nimet kuvaavat hyvin niiden käyttötarkoituksia. Hiomalaikat on tarkoitettu

raskaaseen hionatyöhön, viisteiden tekemiseen, reunojen työstämiseen, sekä purseiden- ja hitsin poistoon. Katkaisulaikat soveltuvat kappaleiden katkaisuun ja leikkaamiseen. Hionta- ja katkaisulaikan välinen merkittävä ero on niiden käyttömahdollisuuksissa. Katkaisulaikoissa leikkaava pinta on laikan kehällä. Laikkaan ei saa kohdistaa hiovaa liikettä, koska vaarana on rakenteen murtuminen. Murtuneet laikanpalaset voivat olla erittäin vaarallisia. Hiontalaikan kehä kestää hiontaa, mutta hiontatyössä käytetään laikan alapintaa. Esimerkkejä erilaisista hioma- ja katkaisulaikoista löytyy kuvista 13 ja 14. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 311; Hartman, n.d.)



Kuva 13. Erilaisia käytettyjä ja käyttämättömiä hiomalaikkoja.



Kuva 14. Uusi ja käytetty katkaisulaikka etu- ja takapuolelta tarkasteltuna.

Katkaisu- ja hiomalaikan ominaisuuksia yhdistävä avauslaikka soveltuu sekä katkaisuun että hiontaan. Lähtökohtaisesti avauslaikka on tarkoitettu hitsauksessa syntyneiden juurisaumojen avaamiseen. Hitsausaumojen lisäksi laikka soveltuu purseenpoistoon, pinnan hiontaan sekä viisteiden tekemiseen. Kuvassa 15 on edestä ja takaapäin tarkasteltuna uusi ja käytetty avauslaikka. (Hartman, n.d.)



Kuva 15. Uusi ja käytetty avauslaikka.

Karalaikat ovat yleisiä karahiomakoneiden työkaluja. Niissä on teräsvarsi, joka kiinnitetään karalaikan istukkaan. Karalaikkojen päät ovat tyypillisten laikkojen tapaan valmistettu hioma- ja sideaineesta. Muihin laikkoihin verrattuna karalaikat ovat eri mallisia ja merkittävästi pienempiä. Karalaikkoja on saatavana valtavasti erilaisilla päänmuodoilla. Kuvassa 16 on karalaikkoja. (Etra, n.d.)



Kuva 16. Käytettyjä karalaikkoja.

Lamellilaikka on erittäin hyvä laikkavaihtoehto kappaleen viimeistelyyn. Laikka koostuu limittäin olevista hiomapaperiliuskoista, jotka on kiinnitetty esimerkiksi lasikuidusta tai muovista valmistettuun laikan runkoon. Tällainen limittäin oleva rakenne tuottaa siistin hiomajäljen. Se ei jätä laikan aiheuttamia lovia hiottavaan kappaleeseen. Laikan rakenne on joustava, eikä se kuumene hionnassa. Rakenne takaa myös alhaisen melutason. Lamellilaikkoja voidaan myydä myös nimikkeillä viuhkahiomalaikka, sulkalaikka, liuskelaikka tai liuskalaikka. Liuska- ja liuskelaikoilla voidaan kuitenkin tarkoittaa myös hiomarullia. On myös olemassa kiillotukseen tarkoitettuja lamellilaikkoja. Kuvassa 17 on uusia ja käytettyjä lamellilaikkoja. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 311.)



Kuva 17. Erilaisia uusia ja käytettyjä lamellilaikkoja.

Puhdistus- ja viimeistelylaikat on tarkoitettu maalin, ruosteen ja muiden pinnan epäpuhtauksien poistoon, sekä kevyeen valssihilseen ja pintavirheiden poistoon. Tällaisilla laikoilla on vaikea muuttaa kappaleen geometriaa hiottaessa. Esimerkiksi kuitulaikat ovat viimeistelylaikkoja, joiden eräs käyttötarkoitus on tiivistejäämien poistaminen. Karhunkielilaikka sopii kappaleen puhdistukseen sekä pinnan viimeistelyyn myös vaikeapääsyisistä paikoista. Nailonlaikkoja voidaan käyttää pinnoitteiden irrotuksessa, hitsaussaumojen puhdistuksessa, sekä valssihilseen ja muiden hapettumien poistossa. Esimerkkejä puhdistuslaikoista on esitetty kuvassa 18. (Etra, n.d.)



Kuva 18. Puhdistuslaikkoja.

Kiillotuslaikat ovat edellä mainittuja kaikista hellävaraisempia laikkoja. Kiillotuksen avulla kappaleen pinnasta saadaan erittäin siisti, kiiltävä ja sileä. Esimerkiksi huopalaikat, puuvillakiillotuslaikat ja kangaslaikat ovat kiillotukseen tarkoitettuja laikkoja. Kiillotuslaikkojen kanssa tulee yleensä käyttää hioma- ja kiillotusvahaa. (Etra, n.d.)

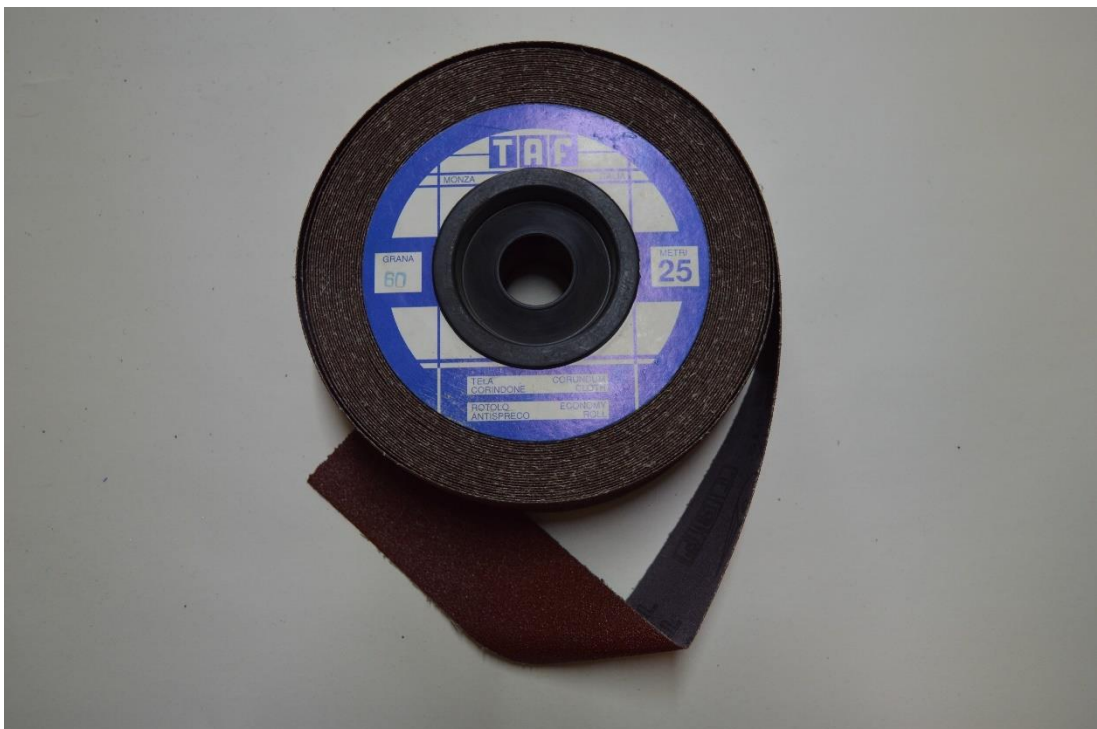
Esimerkiksi nailon- ja huopalaikkojen lisäksi timanttilaikat ovat sellaisia, joissa laikan materiaali määrittää markkinointinimikkeen. Eri muotoisia timanttilaikkoja on saatavilla paljon. Yleisimpiä käyttökohteita timanttilaikalle ovat betoni, tiili ja muut kivimateriaalit. Laikat voivat sopia kivimateriaalien lisäksi lähes kaikille rakennusmateriaaleille, kuten puulle, muoville ja metallille. Timanttilaikat ovat yleinen näky rakennusteollisuudessa, mutta metalliteollisuudessa ne ovat harvinaisia. Tämä johtuu siitä, että esimerkiksi metallien katkaisussa timanttilaikka on todella hidaskäyttöinen verrattuna perinteiseen katkaisulaikkaan. Timanttilaikat ovat yleensä suhteellisen hintavia. (Jiang, 2020.)

Pikalaikat ovat laikkoja, joissa on yleensä pikakiinnitys, joka ei vaadi työkaluja laikan kiinnittämiseen. Tällaisten laikkojen etu on nopea vaihtamisnopeus,

mikä kasvattaa tuottavuutta etenkin pitkällä aikavälillä. Tuki- ja aluslaikat toimivat alustana esimerkiksi tarra- ja fiiberilaikoille, jotka ovat hiomapapereita. (Biltema, n.d.)

5.5 Hiomapaperit käsihiomakoneissa

Laikkojen ohella hiomapaperit ovat yleisiä käsihiomakoneiden työkaluja. Hiomapapereita esiintyy erityisesti tasohiomakoneissa, mutta myös kulma- ja suorahiomakoneissa on hiomapapereita hyödyntäviä työkaluja. Erilaisia papereita on saatavilla eri muotoisina ja erilaisilla karkeuksilla. Hiomapapereita käytetään pääosin puhdistus- ja kiillotushionnassa. Kuvassa 19 on esimerkki hiomapaperirullasta. (Ryti ym., 1974, s. 460.)



Kuva 19. Hiomapaperirulla.

Vaikka paperit ovat suhteellisen ohuita ja yksinkertaisen näköisiä, ne koostuvat tyypillisesti vähintään kymmenestä eri kerroksesta. Kerrokset voivat olla päältä pohjaan nähden: top coat eli pölyn tarttumisen estävä stearaattikäsitely, pintaliima, hiontarakeet, pohjaliima, sulkukerros, kyllästysaine,

selkämateriaali (esim. paperi tai kangas), selän sulkukerros, kitkakerros ja kiinnityspinta (esim. itseliimautuva- tai tarrapinta). (STViF & Nordman, 2005, s. 93.)

Hiomapaperit voivat olla vaihdettavia tai kiinteästi esimerkiksi osana laikkaa. Esimerkkejä kiinteistä hiomapapereita hyödyntävistä työkaluista ovat lamellilaikat. Vaihdettavia hiomapapereita ovat esimerkiksi fiiberikiekot tai toiselta nimeltään fiiberilaikat. (Klingspor, 2023.)

Fiiberilaikat ovat vulkaanikuituhiomalaikkoja. Ne ovat ohuita hiomapapereita, joita käytetään kulmahiomakoneissa yhdessä aluslaikkojen kanssa. Fiiberilaikat on tarkoitettu ensisijaisesti metalliteollisuuteen. Lamelli- ja hiomalaikkoihin verrattuna fiiberilaikat ovat edullisempia, joustavampia ja mukautumiskykyisempiä, mikä takaa siistin ja tasaisen hiomajäljen. Joustavuuden ansiosta fiiberi- ja muut hiomapaperilaikat sopivat hyvin kaarevien pintojen puhdistukseen ja viimeistelyyn. Esimerkiksi lamellilaikkaan verrattuna fiiberilaikkojen käyttöikä on kuitenkin lyhyempi, eikä niiden avulla ole tarkoitus poistaa suuria ainemääriä. Fiiberilaikat ovat myös suhteellisen herkkiä kosteudelle ja lämpötilanvaihtelulle, mikä voi johtaa laikkojen käyrystymiseen. Ylikuumentuessa fiiberilaikoista voi lentää irtoilevia hiomarakeita tai niihin voi syntyä palamisjälkiä. (Klingspor, 2023.)

Vaihdettavat hiomapaperit voivat olla manuaalisella kiinnityksellä tai hiomapaperin takaosassa voi olla kiinnityspinta. Tällaiset hiomapaperit ovat esimerkiksi itseliimautuvia tai tarrakiinnityksellä (kuva 20). Pintojen täytyy olla sellaisia, että ne pysyvät kiinni koneessa myös maksimikuormalla, mutta ne eivät saa tarttua toisiinsa myyntipakkauksissa. Hiomapaperit, jotka kiinnitetään manuaalisesti hiomakoneessa olevaan kiinnitysjärjestelmään, ovat halvempia kuin kiinnityspintaiset paperit. Joissakin koneissa on myös mahdollista käyttää moneampia kiinnitysratkaisuja. (Skil, 2022.)



Kuva 20. Tarrakiinnityksellä varustettu hioma-alusta sekä siihen kiinnitettävä käytetty hiomapyörö.

Hiomapaperien sijaan voidaan puhua hiekka- tai santapaperista erityisesti silloin, kun hionnan kohteena on puu. Hiomapaperien sijaan voidaan puhua myös hiomakankaista, jos paperialustan sijaan käytetään kangasalustaa. Hiomakankaat voivat olla esimerkiksi puuvillaa. (Valpola, 1971, palsta 596.)

Paperisen selkämateriaalin etuina ovat hyvä taipuisuus ja ne soveltuvat parhaiten käsihiontaan. Hiomakoneiden kanssa hiomakankaat ovat kuitenkin parempi vaihtoehto, sillä ne kestävät paremmin räsitusta ja lämpöä, eivätkä ne repeydy yhtä helposti. Nykyään hiomapaperit voivat olla paperien sijaan myös muovikalvoilla. (Ziemann, 2016.)

Selkämateriaalin päällä olevat hiomajyväset ovat laikkojen tapaan nykypäivänä suurimmaksi osaksi synteettisiä materiaaleja. Hiomapapereita on saatavilla erilaisilla karkeuksilla. 12 – 80 merkitsee karkeaa paperia, 100 – 280 on keskikarkea, 320 – 600 on hieno, 800-2500 on erittäin hieno ja 4000 tai enemmän on erityisen hieno. Hiomajyväset naarmuttavat pintaa sitä syvemmillä, mitä kauempana ne ovat toisistaan. Toisin kuin laikoissa, hiomapapereiden takaa ei tyypillisesti käy ilmi, mistä materiaalista hiomajyväset on tehty. Karheusnumeroinnin edessä on kuitenkin yleensä kirjain, joka kuvaa hiomajyvän kovuutta: A – K on pehmeä, L – O on keskikova ja P – Z on erityisen kova. (Ziemann, 2016.)

Vuosituhaten vaihteessa suomalainen Oy KWH Mirka Ab kehitti Abranet-nimisen hiomatuotteen. Yhdessä Abranet-hiomapyörössä pinnalla on noin

24000 mikroskooppisen pientä reikää. Tämä mahdollistaa pölyttömän hionnan, sillä reiät pystyvät imemään pölyn pois. Keksinnön keskeisenä kohderyhmänä on toiminut autoteollisuus ja maalaussektori. Abranet oli merkittävä innovaatio ja se on saanut useita kansainvälisesti arvostettuja palkintoja. (STViF & Nordman, 2005, s. 89-104.)

Hiomanauhat ovat päättömiä hiomapapereita, jotka kiertävät koneessa olevien rullien ympärillä. Erilaisia hiomanauhoja on saatavilla paljon. Karkeammalla nauhalla saavutetaan suuri materiaalin poisto ja hienolla paperilla kappaleelle voidaan tehdä viimeistely ja kiillotettu pinta. (Klingspor, 2023.)

Hiomapapereita hyödyntäviin työkaluihin kuuluvat myös erilaiset hiomarullat. Tällaiset rullat voivat koostua kiinteistä lamelleista tai vaihdettavista hiomarullista, jotka kiristetään kumipintaiseen hiomarumpuun. Kuvassa 21 on esimerkkejä näistä molemmista. Hiomarullilla voidaan hioa tasaisia tai kaarevia pintoja. Parhaiten ne soveltuvat akselinreikien ja onkaloiden hiomiseen. (Biltema, n.d.)



Kuva 21. Erilaisia hiomarullia.

5.6 Muut työkalut

Laikkojen ja erilaisten hiomapaperiratkaisujen lisäksi käsihiomakoneiden työkaluihin lukeutuvat muun muassa teräsharjat ja pyörivät viilat. Muista työkaluista poiketen näissä ei ole hioma- tai sideaineita, vaan työkalut ovat metallisia. (Ansaharju ym., 1980a, s. 43.)

Käsihiomakoneiden käyttämiä teräsharjoja on saatavana monessa eri muodossa. Pyöröharjat ovat pyöreitä harjoja, joissa harjakset osoittavat sivuille. Kuppiharjoissa runkorakenne muistuttaa kuppia ja harjakset on suunnattu eteenpäin. Tupsuharjat ovat kuin kuppiharjat, mutta pienempiä ja muistuttavat tupsua. Kierreharjat ovat ohuita pulloharjaa muistuttavia teräsharjoja. Erilaisia teräsharjoja on saatavilla varrellisena tai varrettomana rakenteena. Varrelliset soveltuvat suorahiomakoneisiin ja porakoneisiin, kun taas varrettomia voidaan käyttää kulmahiomakoneissa. (IKH, n.d.-a.)

Teräsharjoilla voidaan poistaa kappaleen pinnalta esimerkiksi epäpuhtauksia, hapettumia ja maalia. Erityyppisillä teräsharjoilla on erilaisia ominaisuuksia. Harjakset voivat olla suoria, aallotettuja tai palmikoituja. Palmikoidulla muodolla voidaan poistaa tehokkaammin, kun taas suorat ja aallotetut langat ovat hellävaraisempia. Vaikka teräsharjoja kutsutaan teräsharjoiksi, harjasten materiaali ei ole aina terästä. Teräksen ohella materiaalit voivat olla esimerkiksi messinkiä tai jopa nailonia. Erilaisia teräsharjoja voidaan nähdä kuvasta 22. (Walter, 2010.)



Kuva 22. Erilaisia teräsharjoja.

Pyörivät viilat ovat tyypillisesti kovametallista valmistettuja monihampaisia lastuvia teriä. Menetelmä voidaan luokitella hiomisen sijaan viilaamiseksi, mutta se toteutetaan karahiomakoneen avulla. Pyöriviä viiloja on saatavana monenlaisilla kärjenmuodoilla (kuva 23). Irronneet lastut ovat pieniä ja teräviä. Pyörivät viilat ovat erittäin tehokkaita esimerkiksi erilaisissa puhdistustöissä, jäys-teenpoistossa ja kaarevien pintojen muotoilussa. (Ansaharju ym., 1980a, s. 43-45.)



Kuva 23. Eri mallisia pyöriviä viiloja.

Pyörivät viilat sopivat parhaiten karahiomakoneisiin, koska niissä on korkea kierrosluku. Optimaalisen toimivuuden saavuttamiseksi, kovametalliviilat tarvitsevat riittävän korkean kierrosluvun eli pyörimisnopeuden. Kierrosluku ei saa vähentyä viilan kuormittuessa. Suositeltu pyörivien viilojen lastuamisnopeus on noin 6 – 15 m/s (noin 360 – 900 m/min). Pyörivät viilat soveltuvat koville, sitkeille ja pehmeille aineille. Kierrosluku ja viilojen hammastuksen muuttuminen on huomioitava kappaleen kovuuden mukaan. Viilan leikkuukykyyn vaikuttaa muun muassa kovuus, pyörivän koneen rakenne ja työkappaleen muoto. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 311.)

Rakennusteollisuudessa puun leikkaamiseen on ollut saatavilla kulmahiomakoneisiin sopivia puuteriä. Vuonna 2022 Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) ja työsuojeluviranomaiset (AVI työsuojelu) totesivat, että kulmahiomakoneiden puuntyöstöterät eivät täytä konedirektiivin liitteen I olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Hammastetulla tai ketjutetulla terällä hiomakoneesta on pyritty saamaan pyörösahan kaltainen, mutta kulmahiomakoneessa laikkojen kehänopeus on esimerkiksi moottorisahan teräketjua merkittävästi suurempi ja kulmahiomakoneissa on sahoihin nähden erilaiset turvallisuusominaisuudet. Tällä hetkellä kulmahiomakoneen puuteriä ei myydä Suomessa. (Tukes, 2022.)

5.7 Työkalun vaihto

Käsihiomakoneiden työkalun vaihto ei ole vaikeaa. Tutustumalla konekohtaisiin ohjekirjoihin, voi varmistua oikeellisesta vaihdosta. Yleensä samantyyppisissä koneissa vaihto onnistuu lähtökohtaisesti aina samalla tavalla. Oleellista on, että vaihdon yhteydessä hiomakoneet on irrotettu sähkö- tai paineilmaverkosta, jotta ne eivät käynnisty vaihdon aikana. Esimerkiksi penkkihiomakoneista eroten, käsihiomakoneiden laikkoja ei tarvitse oikaista, teroittaa tai tasapainottaa. Käsikoneiden työkalut ovat nopeasti ja yksinkertaisesti vaihdettavia. Tyypillisesti työkalu vaihdetaan laikka-avaimen avulla. Kuvassa 24 on esimerkki kulmahiomakoneen laikka-avaimesta. Konekohtaisista työkalun vaihdoista on kerrottu tässä opinnäytteessä aikaisemmin. (Klingspor, 2023.)



Kuva 24. Kulmahiomakoneen laikka-avain (IKH, n.d.-a).

Sen lisäksi, että ymmärtää miten työkalu vaihdetaan, on tärkeää käsittää, milloin se vaihdetaan. Työkalun vaihdolle on yleensä kaksi syytä: joko se ei sovellu työhön tai se on niin kulunut, ettei sen kanssa ole tehokasta työskennellä. Työn tehokkuus vaikuttaa merkittävästi työn kustannuksiin. On hintavaa hioa laikalla, joka ei hio kunnolla, mutta on myös hintavaa hioa laikalla, joka kuluu liian nopeasti. Työkalun kulumista suhteessa hiottavaan materiaaliin voidaan tarkastella kaavalla, jossa poistettu materiaali suhteutetaan hiomatyökalun kulumiseen. Kaava on esitetty alla. Lasku voidaan toteuttaa tarkastelemalla kulumisia kiloina tai tilavuuden muutoksena eli kuutiodesimetreinä. (Heikkilä, 2017; Norton, 2007.)

$$G = \frac{\text{poistettava materiaali}}{\text{työkalun kuluminen}}$$

Kuluessaan laikka ei hio yhtä tehokkaasti kuin ollessaan uusi. Hiomajyväset kuluvat ja tylstyvät käytössä. Lopulta laikka alkaa materiaalin poiston sijaan tuottaa lämpöä. Kustannukset kasvavat, jos laikka ei hio kunnolla ja hiontaan käytetty aika kasvaa kohtuuttomasti. Materiaalinpoistotehokkuus (material removal rate) voidaan selvittää suhteuttamalla poistetun materiaalin määrä (kg) hiontaan käytetyllä ajalla (h). Kaava on hyvä menetelmä tarkastelemaan työn tehokkuutta. (Heikkilä, 2017.)

$$MRR = \frac{\text{poistettu materiaali}}{\text{aika}}$$

Oikeaa vastausta siihen, milloin laikka on niin kulunut, että se tulee vaihtaa, ei sinänsä ole. Lähtökohtaisesti laikkaa kannattaa käyttää niin pitkään kuin sillä työskenteleminen onnistuu. Erilaisissa laikoissa on myös eroja. Katkaisulaikka voi pienentyä käytössä, jolloin sillä voi olla vaikeaa suorittaa katkaisutyö. Tällöin laikka tulee vaihtaa. Hiomalaikat hiovat parhaiten ollessaan uusia, mutta kuluessaan niiden hiomatehokkuus heikkenee. Hiomatehokkuutta voidaan jonkin verran parantaa muuttamalla hieman hiomakoneen käyttökulmaa. Hiomalaikka voidaan vaihtaa, kun siitä on tullut niin pieni, että työskentelystä on tullut haastavaa. Työkalun vaihtoväli on hiojan päätös, mutta uudenveroista

laikkaa ei kannata heittää roskiin. Kustannustehokkainta on pyrkiä käyttämään laikat niin loppuun kuin mahdollista. (Norton, 2007.)

Hiomapaperia hyödyntävissä työkaluissa tehokkuus laskee merkittävästi, kun ne kuluvat. Tällaisia työkaluja ovat esimerkiksi lamellilaikat ja hiomarullat. Lamellilaikat on suunniteltu käytettäväksi siihen asti, kunnes lamellien alla oleva liima-aine tulee näkyville. Työskentelyn tehokkuus paranee laikanvalinnan lisäksi oikealla hiomatekniikalla. Esimerkiksi väärässä kulmassa hiominen voi kuluttaa laikkaa epätasaisesti, jolloin se voi tulla käytetyksi vain osittain. (Weiler, 2018.)

5.8 Eri materiaalien hionta

Hionta sopii laaja-alaisesti suurimmalle osalle kiinteistä materiaaleista. Näihin kuuluvat esimerkiksi metallit, polymeerit (esim. muovi), keraamit (esim. lasi), organiset materiaalit (puu), epäorganiset materiaalit (kivi) sekä komposiitit. Laikan ja muiden työkalujen tietoihin tutustumalla selviää materiaalit, joiden hiontaan työkalut on tarkoitettu. Ei ole olemassa laikkaa, jolla pystyttäisiin tekemään kaikki hiomatyöt. Erialaisten materiaalien hiontaan vaikuttaa monet materiaalitekniset seikat, mutta myös haluttu lopputulos. (Kerminen, 2022b.)

Laikkojen takaa löytyy käyttöaluemerkintä (kuva 25), josta selviää materiaalit, joille laikka on tarkoitettu. Teräsmerkinnällä kerrotaan, että laikka sopii esimerkiksi yleiselle rakenneteräkselle, työkaluteräkselle, lujalle rakenneteräkselle ja karkaistulle teräkselle. Jaloteräkselle tarkoitettut inox-laikat soveltuvat esimerkiksi ruostumattoman teräksen, haponkestävän teräksen ja kromi-nikkeli-teräksen hiontaan. Inox-laikkojen käyttö edellä mainittujen materiaalien hionnassa on tärkeää, koska ne eivät heikennä aineiden korroosiokestoa. Alumerkityt laikat eli alumiinille ja värimetalleille tarkoitettut laikat sopivat alumiinin ja alumiiniseosten lisäksi esimerkiksi kuparille, messingille ja pronssille. Laikkojen rakenne on sellainen, etteivät ne tukkeudu alumiinista. Kivilaikkojen käyttökohteita ovat esimerkiksi luonnonkivi, kalkkikivi, keinokivi, betoni ja

teräsbetoni. Yhdellä laikalla voi olla useampi käyttöalumerkintä. On esimerkiksi laikkoja, joissa on sekä teräs- että inox-merkintä. (Wurth, 2019.)

Aines	
Teräs	
Jaloteräkset	
Värimetallit / Alumiini	
Kivi	

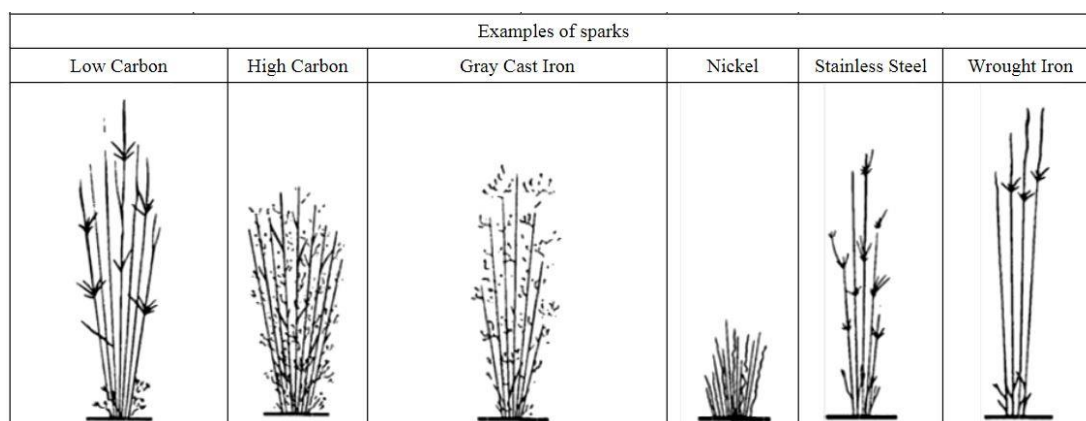
Kuva 25. Käyttöalumerkintöjä (Wurth, 2019).

Kaikkea hiontaa yhdistää hiomapöly, joka koostuu laikasta irtoavista jyväsistä ja hiottavasta materiaalista. Metallien hionnassa irronnut materiaali voi esiintyä kipinöiden muodossa. Kaikissa metallisissa materiaaleissa näin ei ole. Esimerkiksi kuparin ja alumiinin hionta ei synnytä kipinöitä, mutta teräksen ja titaanin hionnassa kipinöitä syntyy. Kipinät syntyvät siten, että materiaalista irtoaa pieniä lastuja, jotka voivat oksidoitua eli hapettua ja muuttua niin kuumiksi, että ne hehkuvat. Lentomatkan aikana kipinät voivat ikään kuin räjähtää ja jakautua useampaan pienempään kipinään. Kipinät jäähtyvät nopeasti, kun jäähdytysnopeus ylittää hapettumisnopeuden. (Guillen ym., 2019; Oy Machinery AB, 1932a, s. 3-11.)

Hiottava materiaali irtoaa todella pieninä lastuina. Lastun muodostus alkaa, kun hiomajyvät aiheuttavat materiaalille suuren puristuksen alaista laahamista. Noin 0,5 µm paksuinen lastukerros alkaa työntyä hiomajyvän edestä. Lopulta lastukerros irtoaa. Materiaalin ominaisuudet vaikuttavat lastun muodostumiseen. Aine irtoaa muruina, jos materiaali on haurasta ja lyhytlastuista.

Lastut tyssäytyvät aluksi ja muodostavat kohoavia valleja, jos hiottava aine on pitkälastuista. Valurauta, pronssi, messinki ja jotkut epämetalliset aineet ovat lyhytlastuisia ja helposti hioutuvia. Myös pehmeät ja karkaistut teräkset hioutuvat helposti. Helposti hioutuviissa materiaaleissa ei esiinny vaikeuksia hiomalaikan kestoajan ja työkappaleen pinnankarkeuden suhteen. Runsaasti seostettuja teräksiä voi olla vaikea hioa. Esimerkiksi työkalu- ja pikateräs sisältävät kovia metallikarbideja, jotka tylsyttävät hiomajyväsiä. Kovametalleissa metallikarbideja on niin paljon, että niiden hionta perinteisillä laikoilla on vaikeaa. Jotkut materiaalit takertuvat laikan pintaan ja tukkivat sen. Esimerkiksi alumiini voi olla tällainen. (Ryti ym., 1974, s. 376.)

Hiomakipinöissä on eroja. Erilaisia rautametalleja hiottaessa voi huomata, että hiomakipinän väreistä ja muodoista löytyy eroavaisuuksia. Tämä johtuu erilaisista seosaineista. Esimerkiksi niukkahiilisissä seostamattomissa teräksissä kipinäsuihku on vaaleankeltainen ja lähes katkeamaton; runsashiilisemmässä teräksessä kipinäsuihku lyhenee, mutta kipinöitä on enemmän ja se on kimpumainen; pikateräksen kipinäsuihku on tumman punainen laikan lähellä; suomugrafiittivaluraudassa kipinäsuihku on lähes kokonaan tummanpunainen. Metalliosien palavaisuustaipumus ja valovoimaisuus lisääntyvät, kun hiilipitoisuus kasvaa. Kipinäsuihkujen tarkastelulla on mahdollista tehdä hiomakipinäkoel, jolla voidaan epätarkasti, mutta suuntaa antavasti selvittää materiaalin ominaisuuksia. Kuvassa 26 on esimerkkipiirroksia erilaisten materiaalien kipinäsuihkuista. (Autio, 1982, s. 131.)



Kuva 26. Piirroksia muutamien materiaalien hiomakipinöistä (Nikiforov ym., 2015, s. 158).

Eri materiaaleja hiottaessa voi tulla vastaan erilaisia asioita, joita tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi ruostumatonta terästä hiottaessa tulisi huolehtia, että samoilla laikoilla ja muilla työkaluilla, joilla on hiottu ”mustaa” hiiliterästä ei mennä hiomaan ”kirkasta” ruostumatonta terästä. On myös varmistettava, että kipinäsuihku ei osu ruostumattomaan teräkseen ja hionnan jälkeen pinnat tulee puhdistaa hiomapölystä. Ruostumattomaan teräkseen on lisätty kromia, joka reagoi hapen kanssa ja materiaalin pinnalle muodostuu korroosiota hylkivä kerros. Korroosiokestävyys heikkenee, jos tämä passiivinen kerros tuhoutuu. (Klingspor, 2023.)

Hionnassa on otettava huomioon, että materiaaleissa voi olla myrkyllisiä yhdisteitä, jolloin hionnassa tulee käyttää asianmukaisia suojaimia. Tällaisia myrkyllisiä yhdisteitä ovat esimerkiksi hienojakoinen epäorgaaninen pöly, isosyanaatit, koboltti, kromi(III)-yhdisteet, kromi(VI)-yhdisteet, kvartsi, lyijy, mangaani, nikkeliyhdisteet, rautaoksidi (huurut) ja volframi. Myrkyllisiä yhdisteitä käsiteltäessä perinteisten suojarusteiden lisäksi voidaan tarvita muun muassa hengityssuojainta tai ihokosketusta estävää suojarustusta. Myrkyllisten yhdisteiden lisäksi hionnassa voi syntyä muuten vaarallisia aineita. Esimerkiksi valettujen metalliosien hiontapöly voi olla räjähdysvaarallista. (Työturvallisuuskeskus & Työterveyslaitos, 2018.)

6 KÄSIHIONTAMENETELMÄT

6.1 Hiontaprosessi

Hiontaa voi olla vaikeaa mieltää lastuavaksi työstömenetelmäksi, kun selkeästi havaittavien lastujen sijaan prosessissa syntyy pölyä. Hionnan erona muihin lastuaviin työstömenetelmiin onkin se, että työkalussa on hiomajyvästen muodossa merkittävästi enemmän lastuavia teriä. Irronneet lastut ovat pienempiä kuin muissa menetelmissä, jolloin lastut esiintyvät hiomapölyn muodossa.

Muita lastuavia työstömenetelmiä ovat avarrus, avennus, höyläys, jyrästä, kairattaminen, poraus, sorvaus ja viilaus. (Maaranen, 2012, s. 87-88.)

Käsihiomakoneiden hiontaprosessi eroaa merkittävästi esimerkiksi penkkihiomakoneiden hiomatekniikasta. Hiomakoneen laikka tai muu työkalu suorittaa pää- ja leikkuuliikkeen, mutta asetus- ja syöttöliikkeen tekee hiomakone. Kappale pysyy paikallaan ja se voidaan kiinnittää paikalleen esimerkiksi viilapenkkin tai ruuvipuristimen avulla. (Ansaharju ym., 1980b, s. 74.)

6.2 Menetelmien esittely

Erilaisia hiontamenetelmiä löytyy paljon. Käsihiomakoneilla näiden kirjo on melko laaja, koska koneita pidetään käsissä. Hiontamenetelmien päämääränä voi olla koneenosien pinnanlaadun ja mittatarkkuuden parantaminen, työkalujen teroittaminen, purseiden ja terävien särmien poisto tai kappaleiden rouhinta-, sovitus- tai puhdistushionta. Käsihiomakoneilla ei voida saavuttaa yhtä tarkkaa lopputulosta kuin esimerkiksi suurilla penkki-, taso- tai pyöröhiomakoneilla, mutta käsihionta on erinomainen menetelmä tietyissä kohteissa. (Ansaharju ym., 1980b, s. 55-70.)

Rouhinnalla tarkoitetaan suurta ainemäärän poistoa. Rouhintahionta tehdään karkealla laikalla, kuten hiomalaikalla. Yleisimmin käsihiomakoneella suoritettu rouhinta tehdään kulmahiomakoneella. Hionta tehdään edestakaisella liikkeellä ja hiomalaikan ja työkalun välinen kulma on 20-45 astetta. Katkaisulaikalla tehty leikkuuhionta on tarkoitettu kappaleiden leikkaamiseen. Katkaisussa laikan tulee olla kohtisuoraan kappaletta kohti, koska katkaisulaikka ei kestä sivuttaissuuntaista kuormitusta. Rouhintahionnassa pinnanlaatu jää karkeaksi. (Ansaharju ym., 1980b, s. 55-70.)

Sovitushionnalla pyritään muuttamaan kappaleen geometriaa halutunlaiseksi. Sovitushionnassa työkalun valintaan vaikuttaa aineenpoistomäärä. Jos materiaalia täytyy poistaa paljon, käytetään esimerkiksi katkaisu- tai hiomalaikkaa, mutta pienelle ainemäärän poistolle voidaan valita esimerkiksi lamellilaikka.

Sovitushionta voi olla tarpeellista esimerkiksi silloin, jos polttoleikkeet tai sauhukset eivät ole piirustusten mukaiset tai piirustuksissa on mittavirhe, joka ei vastaa lopullista konstruktiota. Näiden lisäksi esimerkiksi sisä- ja reikähionta voivat olla tarpeellisia sovitushiontamenetelmiä, mikäli akseli ei mahdu reikään. (Ryti ym., 1974, s. 367-412.)

Sisä- tai reikähionta tehdään tyypillisesti sisähiomakoneella, mutta jos mittatarkkuus ei ole tarkka, karahiomakone tai hiomarullalla varustettu porakone pystyvät tekemään saman työn. Työkalun halkaisijan valinta on tärkeää sisähionnassa. Mikäli reikä on alle 40 millimetrinen tulee käyttää mahdollisimman isoa laikkaa, 40-100 mm:n reiässä laikan tulee olla 3/4 reiän halkaisijasta ja suurempien reikien kanssa tulee käyttää reikään suhteutettuna asteittain pienempää laikkaa. Reikähionta voidaan tehdä kiertoliike-, pituus- tai pistohiontana. Kiertoliikehionnassa työkappale on kiinnitettynä pöytään ja hiomakara tekee reiässä pyörimisliikettä ja kiertoliikettä. Pituushionnassa työkappale ja kara tekevät edestakaista pituussyöttöliikettä. Tässä menetelmässä laikka saa tulla korkeintaan puoliiksi reiän ulkopuolelle, jotta reiän suuaukko ei kasva liikaa. Pistohionnan menetelmä on samanlainen kuin ulkopuolinen pituushionta. Menetelmä on tarkoitettu muotopintojen sekä olakkeiden välisten - ja kapeiden pintojen hiontaan. Reikähionta on sisäpuolinen pyöröhiontamenetelmä. Ulkopuolista pyöröhiontaa kutsutaan yksinkertaisesti pyöröhionnaksi. Menetelmällä tarkoitetaan sylinterimäisten ja kartiomaisten kappaleiden hiontaa. Pyöröhionta tehdään suurilla ja tukevilla pyöröhiomakoneilla. (Maaranen, 2012, s. 108-114.)

Pyörityshionnalla tarkoitetaan terävien reunojen pyöristämistä. Reunojen pyöristämiseen voidaan käyttää hioma- ja lamellilaikkaa. Terävän reunan pyöristäminen kuluttaa nopeasti laikkaa, joten reunan pyöristäminen kannattaa tehdä ensin hiomalaikalla ja viimeistellä lamellilaikalla. Ahtaat ja sisäpuoliset pyöritykset voidaan tehdä esimerkiksi karalaikalla. (Klingspor, 2023.)

Teroitushionta eli työkaluhionta tehdään yleensä työkaluhiomakoneessa, joka ei ole käsihiomakone. Vaikka käsihiomakoneet eivät lähtökohtaisesti ole tarkoitettuja teroitushiontaan, niillä voidaan teroittaa. Käsihiomakoneet ovat

helposti liikuteltavia, joten niillä voidaan teroittaa paikkoja, joihin esimerkiksi työkaluhiomakoneella ei pääse. Myös esimerkiksi teräslevyjen viisteiden tekeminen eli seevaaminen onnistuu hyvin käsihiomakoneilla. (Maaranen, 2012, s. 116-117.)

Puhdistushionta tarkoittaa epäpuhtauksien, kuten oksidikerroksen, korroosion, maalin, pinnoitteiden, liima-aineiden tai tiivisteiden poistamista materiaalin pinnalta. Puhdistushionnalla ei yleensä pyritä muuttamaan merkittävästi kappaleen geometriaa, vaan poistamaan epäpuhtaudet. Tämä on hyvin yleinen toimenpide erityisesti ennen hitsausta, sillä epäpuhtaudet saattavat heikentää hitsin kestävyyttä. Puhdistushiontaan voidaan valita monenlaisia työkaluja. Pinnan rouhinta hiomalaikalla on hyvä menetelmä ennen hitsausta, mutta esimerkiksi ohutpeltisten kappaleiden ruostekorjauksiin kannattaa valita sileäpintaishempämpi työkalu. Tällöin voidaan käyttää myös tasohiomakoneita. (3M, n.d.)

Viimeistelyhionta on hionnan viimeinen vaihe. Sillä voidaan tavoitella esimerkiksi haluttua pinnanlaatua tai esivalmistella maalattavia pintoja. Viimeistelyhionnalla ei pyritä muuttamaan kappaleen geometriaa, joten viimeistelyssä käytetään yleensä sileitä laikkoja. Kiillotusta voidaan pitää osana viimeistelyä. (3M, n.d.)

Kiillotus on hienotyöstömenetelmä, jota käytetään, kun kappaleesta halutaan tarkkamittainen, sileä tai kiiltävä. Kiillotuksessa kappaleen pinnasta poistetaan todella pieni kerros. Mitä pienempi lastu, sitä täydellisempi kiillotus. Kiillotuksessa kannattaa laskea laikankarkeutta asteittain, jotta pinnan epätäydellisyydet tasoittuvat siististi. Tavallisella hionnalla voidaan saavuttaa pinnanlaatu: Ra 0,4-0,7 μm . Hienohionnalla eli käyttämällä hienoa laikkaa, voidaan saavuttaa pinnanlaatu: Ra 0,1-0,15 μm . Tavoittelemalla peilikiiltoista pintaa, voidaan saavuttaa pinnanlaatu: Ra 0,02-0,05 μm . Erilaisia kiillotusmenetelmiä on paljon: silohionta laikalla tai hiomanauhalla, kiillotus laikalla ja tahnalla, liukuhiointa, kuularummutus ja -puhallus, painokiillotus, elektrolyyttinen kiillotus ja kemiallinen kiillotus. Näiden lisäksi kromilla ja nikkelillä pinnoittaminen tekee pinnasta kiiltävän. Kiillotus voidaan tehdä myös maalatuille pinnoille. Kiillotettu ja

sileä pinta parantaa kulutus- ja korroosiokestävyyttä. (Maaranen, 2012, s. 462-469.)

Usein hiottaville kappaleille joudutaan tekemään useita eri hiontamenetelmiä. Esimerkiksi terävät särmät tulee pyöristää ja hitsattavat kohdat puhdistaa. Jos hiottavia kappaleita on useita, hionta nopeutuu yksinkertaisilla sarjatuotannon periaatteilla. Esimerkin tilanteessa, kannattaa aluksi ottaa kulmahiomakoneeseen hiomalaikka ja puhdistaa kaikista kappaleista hitsattavat kohdat ja pyyhkäistä suurimmat särmät pois. Tämän jälkeen voidaan ottaa lamellilaikka ja viimeistellä kaikkien kappaleiden särmät. Tällä tavoin hionta onnistuu huomattavasti nopeammin kuin yksittäisten tuotteiden valmistuksella, jossa laikkaa joudutaan vaihtamaan jokaisen kappaleen välillä. Mitä pienemmäksi työkalun vaihtoon ja kappaleiden liikutteluun kuluva aika saadaan pienennettyä, sitä nopeammin työ saadaan tehtyä. Läpimenoajalla voi olla pitkällä aikavälillä suuri vaikutus tuottavuuteen. (Rastas-Tuominen, 2023.)

6.3 Hiontavirheitä

Hionnassa voi tapahtua monia virheitä. Ne voivat johtua laikkavalinnasta, hiomakoneesta tai hiojasta. Yleisimpiä hiomavirheitä ovat karkea pinta, värähtelyjäljet, roiskeet, kulumisjäljet, halkeamat ja liian alhainen laikan kestoikä. Hiontavirheinä voidaan myös pitää liiallista materiaalin hiomista. (Maaranen, 2012, s. 125-128.)

Yleinen käsihiomakoneiden ongelma on liian nopea laikan kulumisen. Ongelman taustalla voi olla liian pehmeä laikkakoostumus, liiallinen voiman käyttö, viimeisen käyttöpäivän ohitus, sopimaton varastointi tai liian alhainen pyörimisnopeus. Sopivamman laikkakoostumuksen valinta on paras tapa liian nopean kulumisen estämiseksi. Ongelma voi myös korjautua käyttämällä vähemmän voimaa, valitsemalla tuoreen laikan, säilyttämällä laikat kuivassa ja lämpimässä sekä suuremmalla kehänopeudella, joka ei kuitenkaan saa ylittää maksimia. (Weiler, 2020.)

Katkaisulaikkoihin kohdistuvia käsihionnassa esiintyviä vikoja voivat olla laikan rikkoutuminen, reunan vahingoittuminen, keskilaipan irti repeytyminen sekä reunan tai koko laikan palaminen. Lisäksi voi olla, että laikka ei leikkaa tai se leikkaa epätasaisesti. Ongelmien taustalla voi olla käyttäjän virhe tai vääränlainen laikka. Käyttäjän tulee varmistaa, että laikan sivupinnalle ei kohdistu painetta. Katkaistavan kappaleen tulee pysyä liikkumattomana ja laikka liikkuu katkaisun aikana. Virhe voi tapahtua myös laikan valintavaiheessa. Katkaisulaikan väärä koostumus ja paksuus voivat tuottaa haasteita. (Weiler, 2020.)

Hiomalaikkojen ongelmia voivat olla laikan tai reunan epätasainen kuluminen, halkeamat, materiaalin tarttuminen laikkaan, laikan hyppiminen tai heikko hiomakyky. Epätasaiseen kulumiseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi varmistamalla, että hiomalaikkoja käytetään oikeassa kallistuskulmassa. Laikan halkeamat voivat viestiä, että laikka on liian kova. Esimerkiksi alumiini voi tarttua laikkaan, mutta tätä varten alumiinin kaltaisille materiaaleille on omat hiomalaikat. Laikan hyppiminen voi korjautua tarkastamalla hiomakoneen kunnon tai laikan kiinnityksen. Heikko hioutuminen voi johtua esimerkiksi väärästä laikanvalinnasta. (Weiler, 2020.)

Lamellilaikkojen yleisimmät hiontavirheet kohdistuvat niiden reunoihin. Ne voivat kulua liian nopeasti tai epätasaisesti. Reunat voivat myös rikkoutua tai laikka voi palaa. Ongelmat voidaan korjata valitsemalla kestävämpi, karkeampi tai eri mallinen lamellilaikka. Lisäksi hiojan tulee kiinnittää huomiota, että hionnassa käytetään vähemmän painetta ja hiontakulma ei ole väärä. Lamellilaikkojen maksimaalinen käyttöikä voidaan saavuttaa tasaisella hionnalla. (Weiler, 2020.)

Murphyn laki sanoo, että kaikki mikä voi mennä pieleen myös menee pieleen. Hiontavirheiden lisäksi mittavirheet, piirustusten väärin lukeminen ja muut inhimilliset huolimattomuusvirheet ovat mahdollisia. Asiat kannattaa tehdä tarkasti, eikä tarkistamisesta ole haittaa. Hiottavien kohtien merkitseminen esimerkiksi liidun tai suuntaispiirtimen avulla on suositeltavaa, jotta hiottavat kohdat ovat selkeästi näkyvillä. Tällä tavoin voidaan myös tarkistaa, että hionta tehdään varmasti oikeaan paikkaan. (Bloch, 2004, s. 9-11.)

7 HIONNAN RAKENTEELLISET JA LUJUUSOPILLISET SYYT

Hionnan syynä on vain harvoin kosmeettiset tekijät. Tarkoituksena on lähes aina lopputuotteen turvallisuuden parantaminen ja käyttöiän lisääminen. Näiden seikkojen taustalla on lujuusoppi ja fysikaaliset lainalaisuudet. Jokaiselle hiomamenetelmälle on syynsä, muuten yksikään teollisuusyritys ei tuhlaisi aikaansa ja resurssejansa näiden työvaiheiden tekemiseen.

7.1 Hionnan merkitys hitsatussa rakenteessa

Hitsausnaamojen työstö koostuu monista vaiheista, jotka ovat tärkeitä kestäväen lopputuotteen aikaansaamiseksi. Erilaisia hiomatoimenpiteitä tarvitaan ennen hitsausta, mutta yleensä myös sen jälkeen. Ennen hitsausta tarvittavia toimenpiteitä ovat materiaalin leikkaus ja valmistelu sekä hitsausraillon valmistus. Hitsauksen jälkeen saatetaan tarvita saumojen hiontaa ja kappaleen viimeistelyä. (Klingspor, 2023.)

Eräs hitsausprosessin haasteista liittyy halkeiluilmioon. Erilaisia hitsauksen halkeiluilmiöitä on paljon, mutta niiden kaikkien taustalla on joko sisäiset tai ulkoiset jännitykset. Ilmiön syntymistä voidaan kuitenkin estää monilla tavoilla. Vaikka hitsausmenetelmän vaihto ja perusaineen muuttaminen ovat parhaita menetelmiä halkeiluilmiön estämiseksi, hionnallakin on suuri merkitys. (Suomen Hitsaustekninen Yhdistys, 2007, s. 35-36.)

Hionnan avulla halkeiluilmiötä voidaan ehkäistä poistamalla perusaineessa olevat epäpuhtaudet. Erityisesti lujien terästen hitsauksessa, vedyn vaikutus murtumiseen on merkittävä. Vety voi syntyä hitsiin monella tavalla. Esimerkiksi lisäaineen kosteus, perusaineen pinnan kosteus tai epäpuhtaudet voivat synnyttää vetyä. Erilaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi korroosio, maali, pinnoitteet ja oksidikerros. Lisäksi levyn kuumavalssauksessa syntynyt valssihilse ja termisessä leikkauksessa syntynyt polttohilse ovat epäpuhtauksia, jotka muodostavat sulkeumia hitsiin. Alueet, joihin hitsausnaamat tulevat, kannattaa aina puhdistushioa eli rouhia hiomalaikan avulla kiiltäväksi (kuva 27).

Tämä poistaa kappaleen pinnassa olevat epäpuhtaudet ja takaa paremman lopputuloksen. (Suomen Hitsaustekninen Yhdistys, 2007, s. 35-36.)



Kuva 27. Hitsauskohdat on merkitty liidulla, jonka jälkeen epäpuhtaudet on poistettu hiomalaikan avulla.

Hitsausaumat ovat rasitusten suhteen yleensä kappaleiden heikoin kohta. Jotta hitsin tunkeuma olisi mahdollisimman hyvä ja rakenteesta saataisiin mahdollisimman kestävä, tehdään hitsattaviin kappaleisiin hitsausrailot. Hitsauksen railomuotoja on paljon eri mallisia ja kokoisia. Viistetyt railot ovat hyvin yleisiä railomuotoja kestävän liitoksen aikaansaamiseksi. Niiden avulla voidaan myös vähentää hitsauksessa syntyvien muodonmuutosten riskiä. Viisteet eli seevit voivat olla täysin terävässä kulmassa eli piikissä olevia tai osaviistettyjä railomuotoja. Osaviistettyjä railomuotoja käytetään, kun ei tavoitella läpihitsiä, mutta halutaan kestävämpi rakenne. Viisteen ollessa piikissä, hitsaus on mahdollista toteuttaa läpihitsinä. Läpihitsatussa kappaleessa rakenteen vahvuus on paras mahdollinen ja vastaa perusaineen lujuuutta. Vaikka hitsausrailot parantavat kappaleiden kestävyyttä, ne kasvattavat myös kustannuksia. Ylimoitettu railo vaatii useampia hitsauskertoja, mikä voi kohottaa kokonaiskustannuksia erityisesti suurissa sarjoissa. Railot tulee suunnitella kokoonpanon tarpeen mukaiseksi. (Kerminen, 2022a.)

Mekaaninen railonvalmistus onnistuu suuntaleikkauksella, rullaleikkauksella, sorvaamalla, jyrsimällä, sahaamalla, höyläämällä tai hiomalla. Näiden lisäksi yleiset levyjen leikkaamiseenkin käytetyt termiset leikkausmenetelmät ja sitä vastaavat muut leikkausmenetelmät, kuten esimerkiksi vesileikkaus,

soveltuvat myös railojen ja viisteiden tekemiseen. Näillä menetelmillä voidaan kuitenkin saavuttaa vain railoja, jotka koostuvat suorista muodoista, kuten viisteistä (kuva 28). Jos railomuodon halutaan olevan esimerkiksi U-railo, täytyy käyttää mekaanisia railonvalmistusmenetelmiä. Mekaaninen railonvalmistus poistaa myös epäpuhtaudet, joten niihin on hyvä hitsata. Esimerkiksi polttoleikkauksella toteutetut viisteet kannattaa aina puhdistaa mekaanisilla menetelmillä. Railot kannattaa puhdistaa hiomalla niiden pinta hiomalaikalla valoa vasten kiiltäväksi. Leikkauskuona ja railonpinnassa esiintyvät haavat voidaan samalla poistaa. (Kerminen, 2022a.)



Kuva 28. Levyn reuna ennen ja jälkeen polttoleikkauksella tehdyn hitsausrailon valmistuksen.

Hionta on hyvä railonvalmistusmenetelmä. Käsihionta erityisesti kulmahiomakoneella sopii laaja-alaisesti railojen valmistukseen. Kuten aiemmin kerrottiin, menetelmällä voidaan puhdistaa olemassa olevat railot (kuva 29), mutta myös hiomakoneella voidaan tehdä alusta alkaen erilaisia railomuotoja. Tämä on hyvä menetelmä pienissä railoissa tai pieninä sarjoina. Jos railot tai sarjat ovat suuria, käsihionta ei ole tehokas menetelmä. Käsihionta on kuitenkin erittäin käyttökelpoinen railonvalmistusmenetelmä asennuspaikoilla, sillä käsihiomakoneet ovat helposti liikuteltavia. (Kerminen, 2022a.)



Kuva 29. Polttoleikattu railo puhdistetaan hiomalla.

On hyvin yleistä, että hitsaus joudutaan tekemään monipalkohitsauksena eli hitsaussauman päälle joudutaan vetämään toinen sauma. Jotta hitsausliitokseen ei synny kuonasulkeumia tai muita hitsausvirheitä, palkojen puhdistaminen on tärkeää. Tähän tarkoitukseen hiominen on hyvä menetelmä. Hiominen on myös käyttökelpoinen menetelmä juuren avaamiseen, jos hitsaussauma halutaan tehdä juuren puolelle. (Kerminen, 2022a.)

Hitsausliitoksia ei tule hioa ilman erityistä syytä. Lähtökohtaisesti hitsaussaumasta tulisi saada siisti ilman hiontaa, sillä sauman hiominen heikentää kappaleen rakennetta. On kuitenkin tilanteita, joissa sauman hiominen ja häivytytys voi olla tarpeen. Tällöin taustalla on harvoin esteettiset syyt. Kappaleen hitsausliitosten kohdat voidaan joutua hiomaan, jos ne haittaavat lopputuotteen toimivuutta. Kappaleen suunnittelussa tulisi kuitenkin pyrkiä siihen, että tuote voidaan valmistaa mahdollisimman pienellä määrällä työvaiheita. Jos tuotteen toimivuus vaatii hitsaussaumojen tasoitusta, railomuodot tulee suunnitella siten, että tasoituksen jälkeen jää riittävä hitsi. (Wirzenius & Peitsamo, 1966, s. 96-99.)

Viimeistelyhionnassa kappale viimeistellään ennen mahdollista pintakäsittelyä. Eräs tärkeä toimenpide hitsatun kappaleen viimeistelyssä on poistaa hitsausroiskeet eli nöölit. Roiskeiden poisto onnistuu joko hiomalla tai talttaamalla ne irti nööliraudalla. Toimenpide on tärkeä, sillä jos roiskeita ei poisteta, maalikerros jää ohuemmaksi roiskeen kohdalta. Ohuempi maalikerros lisää korroosion eli ruostumisen riskiä, mikä heikentää tuotteen kestävyyttä ja käyttöikä. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 241.)

7.2 Lujuusoppi, pyöristys ja pintavirheiden poistaminen

Erilaisia teollisuuden tuotteita esiintyy kaikkialla ihmisen elinympäristössä. Valmistettujen tuotteiden täytyy kestää, jotta vaaratilanteita ei pääse syntymään. Tämä on erityisen tärkeää kohteissa, joissa esiintyy suuria voimia ja dynaamisia kuormituksia. Tuotteiden vaurioitumisen taustalla on yleensä aina joko korroosion tuomat ongelmat tai materiaalin väsyminen. (Miekk-oja, 1965, s. 636-654.)

Metallisten rakenteiden, kuten siltojen, lentokoneiden ja kone-elimien vaurioista jopa 90 % johtuu väsymisestä. Väsyminen tarkoittaa paikallista etenevää rakennevauriota, joka syntyy, kun kappaleeseen kohdistuu toistuvia vaihtelevia kuormituksia. Vaikka kuormitukset olisivat merkittävästi murtolujuutta pienempiä, ne voivat alkuun synnyttää mikroskooppisia vaurioita, jotka kuormitusten jatkuessa kasvavat. Alkuun väsymisvaurion murtopintaan syntyy ydintymiskohta, joka etenee ja lopulta synnyttää loppumurtuman. Väsymisvaurioita voidaan ehkäistä monilla tavoilla. Hionta on yksi näistä. (Santanen, 2022.)

Hionnalla voidaan poistaa kappaleiden pintavirheitä ja epäjatkuvuuskohtia. Edellä mainittujen poistaminen on tärkeää monista syistä, jotka pääasiassa liittyvät lujuusopillisiin seikkoihin, mutta myös yleiseen käyttöturvallisuuteen. Kappaleiden pintavirheet poistuvat, kun pinnanlaadusta tulee parempi. Epäjatkuvuuskohdat voidaan poistaa esimerkiksi pyöristämällä. (Saarineva, 1995, luku 12.)

Epäjatkuvuuskohtia ovat esimerkiksi reiät, olakkeet, kierteet, pintaviat ja materiaaliviati. Nämä ovat kappaleessa olevia kohtia, joihin syntyy jännityshuippuja eli ne ovat todennäköisimpiä vaurioitumispaikkoja. Epäjatkuvuuskohtilta ei voi aina välttyä, mutta rakenteesta tulisi luoda sellainen, että siinä on mahdollisimman vähän jännityshuippuja. Tämä onnistuu suosimalla mahdollisimman paljon pyöreitä ja jouheita muotoja sekä välttämällä teräviä särmiä. (Santanen, 2022.)

Pintavirheillä tarkoitetaan materiaalin pinnan epätasaisuuksia. Hiottu pinta vähentää epätasaisuuksia, mikä puolestaan poistaa epäjatkuvuuskohtia. Materiaalin pinnalla esiintyy lähes aina joitain mikroskooppisia virheitä. Mitä hienomalla karkeudella kappaleen pintaa kiillottaa, sitä paremmin päästään eroon mahdollisista pintavioista. Mikäli pinnalle halutaan jokin tietty karkeus, se selviää konepiirustuksesta. Yleensä kuitenkin todella kiiltävä pinnan karkeus ei ole tarpeen. Jos kuitenkin kappaleen pinnalla näkyy selvästi silmällä erottuvia vikoja, kuten hitsausroiskeita, iskuvaurioita tai polttoleikkauksessa syntyneitä vaurioita, ne tulisi poistaa. (Santanen, 2022.)

Terävät reunat ovat turvallisuusriski. Tämä pätee niin käyttöturvallisuuteen kuin lujuusoppiin. Särmit ovat epäjatkuvuuskohtia, joten niihin syntyy jännityshuippuja. Terävät reunat voivat itsessään aiheuttaa vaaratilanteita asentajalle tai lopputuotteen käyttäjälle, sillä ne voivat synnyttää haavoja. Lisäksi ne heikentävät tuotteiden korroosiokestävyyttä, koska särmän kohdalta esimerkiksi maalikerros jää ohuemmaksi. (Wirzenius & Peitsamo, 1966, s. 128-139.)

Osapiirustuksissa ei välttämättä kerrota särmien käsittelystä. Jos särmien käsittelyyn ei ole otettu millään tavalla kantaa konepiirustuksessa, tuote voidaan periaatteessa toimittaa ilman jäysteen poistoa. Jäysteiden ja muiden valmistuksesta johtuvien virheiden poisto on kuitenkin yleinen käytäntö jo toiminnallisuudenkin kannalta. Vanhoissa konepiirustuksissa on voinut olla merkintöjä: ”terävät särmit poistetaan,” ”sharp edges removed,” tai 1980-luvulla käytössä ollut ”V-merkintä.” Lisäksi voi esiintyä yrityskohtaisia toleransseja, joissa saattaa lukea esimerkiksi: ”levyjen särmit pyöristetävä ennen pintakäsittelyä R-1 mm.” Nykyään jäysteiden poistoon käytetään merkitsemistapaa, joka

noudattaa standardia: ”SFS-EN ISO 13715:2019. Technical product documentation. Edges of undefined shape. Indication and dimensioning (ISO 13715:2017).” Standardinmukaisilla piirustusmerkinnöillä voidaan tarkasti ilmaista millaiset vaatimukset tuotteiden särmien ja jäysteiden käsittelyssä on. Kuvassa 30 on esimerkki pyöristetystä särmästä. (Pere & Rapinoja, 2021, luku 20, s. 143-148.)



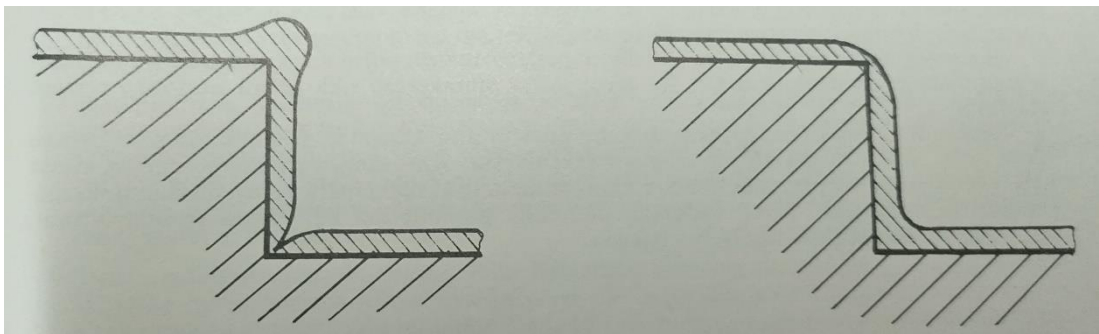
Kuva 30. Pyöristetty särmä.

Terävät särmät voivat olla sisäsärmiä tai ulkosärmiä. Ulkosärmät voidaan helposti pyöristää hiomakoneiden avulla, mutta sisäreunojen pyöreät muodot voidaan toteuttaa esimerkiksi hitsaamalla. Jo hitsattavan rakenteen osien esivalmistelussa, näkyville jäävät reunat kannattaa pyöristää, mutta hitsattavat reunat tulisi jättää teräväksi. Hitsausliitosten väsymislujuutta voidaan parantaa hiomalla hitsin reuna-alue, mikä vähentää lovivaikutusta. Pyöreillä reunamuodoilla voidaan välttää jännityshuippujen syntyminen reunaan. Tästä syystä standardiprofiileissa käytetään lähtökohtaisesti pyöreitä reunamuotoja. Reikien reunojen pyöristys senkkausterän avulla on myös kannattava toimenpide.

Samoin olakkeissa kannattaa suosia pyöreitä muotoja, mikäli toiminnalliset edellytykset mahdollistavat tämän. (Huhtala ym., 1987, s. 79-162.)

7.3 Pinnoitus

Särmien pyöristämisellä on vaikutusta kappaleiden pinnoittamiseen. Erilaisia pinnoitusmenetelmiä on paljon. Yleisiä pinnoitteita ovat maalit, muovitus, kemialliset pinnoitteet sekä metalliset pinnoitteet. Pyöreillä särmillä parannetaan pinnoitteen onnistumista. Terävät reunat eivät mahdollista tasaista pinnoitusta. Esimerkiksi elektrolyyttisessä pinnoituksessa ulkonurkkiin kasautuu päällystemetallia, koska niiden voimaviivatiheys on suuri, mutta sisänurkan päällystekerros jää pieneksi. Esimerkiksi maalauksessa voi puolestaan ulkoreuna jäädä ohuemmalle maalikerrokselle, jolloin pinnoitteen suoja ei vastaa vaatimuksia ja tuote on alttiimpi korroosiolle. Kuvassa 31 on esimerkkien tilanteet piirroksin esitettyinä. (Ihalainen ym., 1989, s. 382-414.)



Kuva 31. Vasen piirros esittää elektrolyyttistä pinnoitusta ja oikea piirros esittää maalattua pintaa. Pinnoite kasautuu epätasaisesti, jos särmät jäävät teräviksi. (Ihalainen ym., 1989, s. 385.)

Pintakäsittelyllä voidaan tavoitella parempaa korroosiosuojaa, mieluisaa ulkonäköä, suurempaa pintakovuutta, parempaa kulumiskestoja, kitkaominaisuuksia, sähköisiä ominaisuuksia, erityisiä käyttöominaisuuksia, teknologisia ominaisuuksia, tartuntakerrosta seuraavalle pinnoitteelle tai tilapäissuojausta. Optimaalisen lopputuloksen saavuttamiseksi kappaleen pinnan on oltava puhdas. Epäpuhtaudet voivat olla esimerkiksi vanhaa maalia tai vahaa, valssihilsettä, sulfideja, oksideja, kromaatteja, fosfaatteja, jäykkää öljyä, polymeroituneita

orgaanisia epäpuhtauksia, pintasulkeumia, hiushalkeamia, huokosia, pinnan haurastumia, pistekorroosiota, raerajakorroosiota tai valssausvirheitä. Puhdistuksen laiminlyönti voi johtaa pinnoituksen epäonnistumiseen. Puhdistusmenetelmiä on paljon ja ne tulee valita materiaalin vaatimusten mukaan. Menetelmät voivat olla kemiallisia tai mekaanisia. Ennen lopullista puhdistusmenetelmää, suurimmat pintavirheet ja terävät reunat kannattaa poistaa esimerkiksi kulmahiomakoneen avulla. (Huhtala ym., 1987, s. 148-162.)

8 KUNNOSSAPITO, TYÖTURVALLISUUS JA TERVEYSHAITAT

8.1 Kunnossapito

Jotta käsihiomakoneet toimivat optimaalisesti ja turvallisesti, niiden toimintakykyä tulee seurata. Koneet kuluvat käytössä, joten ne voivat vaatia ajan myötä kunnossapitoa. Käsihiomakoneiden kunnossapidossa on eroja sähkö- ja paineilmakäyttöisten koneiden välillä. Jotkut huoltotoimenpiteet eivät ole riippuvaisia käyttövoimasta. Vaikka käsihiomakoneiden toimintaperiaatteet ovat yksinkertaisia, kaikkia toimenpiteitä ei lainsäädännön mukaan saa tehdä ilman asianmukaista pätevyyttä. (Juuso, 2023.)

Sähkökäyttöisten käsihiomakoneiden huoltotoimenpiteet ilman asianmukaista pätevyyttä ovat melko rajalliset. Sähköturvallisuuslaki antaa mahdollisuuden korjata vioittuneen sähköjohdon, mutta muut korjaustyöt edellyttävät vähintään S3-tason pätevyyden. Muihin korjaustöihin kuuluu esimerkiksi hiiliharjojen vaihto. Käyttäjän velvollisuus on tarkkailla liitäntäjohdon ja käyttökytkimien kuntoa sekä yleistä koneen toiminnallisuutta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 4 luku 56 §.)

Paineilmakäyttöisten koneiden kunnossapito tulee tehdä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Paineilmakoneet vaativat voitelua, joka tehdään yleensä paineilmajohdton liitetyn voitelulaitteen avulla. Vedenerottimen avulla voidaan

poistaa paineilmajärjestelmään kehittynyt vesi, joka voi vaurioittaa konetta. Erotin voidaan asentaa paineilmaletkuun, mutta useimmiten se on kiinnitetty voitelulaitteen yhteyteen. Huoltotoimenpiteiden jälkeen paineilmakoneiden pyörimisnopeus on tarkistettava. Tämä on hyvä tarkistaa muutenkin säännöllisesti. (Maaranen, 2012, s. 52.)

Eräs hiomakoneiden kuntoa ylläpitävä toimenpide on koneen puhdistus. Tämä kannattaa tehdä työkalun vaihdon ja työskentelyn aloittamisen yhteydessä. Koneen puhdistuksella voidaan parantaa optimaalista toimintaa ja käyttöikää sekä välttyä toimintahäiriöiltä. Etenkin laikansuojan siisteys on hyvä tarkistaa. Laikansuojan reunoille voi kertyä kuonamaista ainetta, joka koostuu kovettuneesta hiomapölystä. Uusi laikka ei välttämättä mahdu ja asetu oikein, jos kovettunutta pölykertymää ei poisteta. (Kerminen, 2022b.)

8.2 Työturvallisuus ja terveystaitat

Käsihiomakoneet voivat olla hengenvaarallisia työkaluja, joten niiden kanssa tulee noudattaa erityistä varovaisuutta. Etenkin kulmahiomakone aiheuttaa tapaturmia. Saksalaistilaston mukaan kaikista sähkötyökalujen tapaturmista lähes neljäsosa tapahtuu kulmahiomakoneella. Korkean tapaturmariskin vuoksi 230 mm:n laikkaa käyttävä kulmahiomakone on kielletty monissa maissa. Suomessa ne ovat kuitenkin laajasti käytössä. Nopeasti pyörivät laikat ovat vaarallisia ja vahinkoja voi sattua niin aloittelijalle kuin alan ammattilaiselle. Tapaturmariskiä voidaan kuitenkin minimoida käyttämällä asianmukaisia varusteita ja suojia. (Metabo, 2016.)

Hionnassa syntyy lentäviä kipinöitä, metallisirpaleita, pölyä ja melua. Vaikka hionnassa voi tulla hiki ja kuuma, asianmukaista suojaruustusta on käytettävä aina. Vaatteiden tulisi olla kipinöitä hylkiviä. Esimerkiksi haalarit ovat sopiva työasu. Lisäksi oikeaan suojaruustukseen kuuluu suojalasit tai visiiri, kuulosuojaimet tai korvatulpat, turvakengät ja suojaavat hanskat. Myös suojalakkia on hyvä käyttää. Lakin käyttö on erityisen tärkeää, jos hiojalla on pitkät hiukset. Hengityssuojain voi olla tarpeellinen suojaruuste hiottavasta materiaalista

riippuen. Jos työympäristö vaatii, voi suojavarustukseen kuulua myös kypärä ja korkealla hiottaessa hiomakoneeseen kiinnitettävät valjaat. (Maaranen, 2012, s. 33-35; Metabo, 2016.)

Silmät on tärkeää suojata, koska hionnan aikana on vaara, että hiomakipinä tai muu vierasesine lentää silmään. Tämä voi tapahtua, jos laiminlyö suojalasien käytön tai käy huono tuuri ja kipinä pääsee suojalasien sivusta lentämään silmään. Kipinä voi päätyä sarveiskalvolle, sidekalvolle tai silmäluomen sisäpintaan. Metallinen silmään päässyt vierasesine on poistettava mahdollisimman nopeasti, koska se alkaa ruostua. Lisäksi vierasesine aiheuttaa silmän ärsytystä ja vetistelyä sekä voi tehdä sarveiskalvoon arven. Metallirikka on poistettava ruosterengasta myöten. Jos metallisiru on riittävän pieni, sen havaitseminen voi olla vaikeaa terveyskeskuslääkärin välineillä. Tällöin saateen vaatia silmälääkärin tutkimuksia. (Seppänen, 2021.)

Näköaistin lisäksi on tärkeää suojata kuuloaisti. Kuulosuojaimia tulee käyttää aina, kun melutaso ylittää 85 desibeliä. Esimerkiksi kulmahiomakoneella melutaso voi olla 112-115 dB. Jopa lyhytaikainen altistuminen voimakkaalle melulle voi aiheuttaa kuulovaurion. Erilaisia kuulosuojaimia on paljon. Yleisimmät ovat tulppasuojaimet ja kupusuojaimet. Lisäksi on olemassa suojaimia, joissa on kommunikaatio ja radioyhteys. (Työterveyslaitos, n.d.-a.)

Kuten ”eri materiaalien hionta” -luvussa tuotiin esille, materiaaleissa voi olla terveydelle vaarallisia yhdisteitä, joilta tulee suojautua. Kemiallinen vaara syntyy, kun hionnan aikana ilmaan vapautuu pölyä, joka voi esimerkiksi ärsyttää ihoa tai silmiä, synnyttää ihottumaa, aiheuttaa syöpymistä, vaikuttaa keskushermostoon, altistaa hermomyrkytykselle, sisältää lisääntymisvaarallisia aineita ja lisätä syöpäriskiä. Lisäksi ne voivat aiheuttaa keuhkosairauksia, kuten hengitystieoireita, keuhkoputkentulehduksia, keuhkojen tulehdusreaktioita, keuhkohtaumaa, astmaa, kivipölykeuhkosairautta, raudan kertymistä keuhkoihin ja keuhkosityöpää. Käsihionnassa vapautuvan pölyn määrä on muita hiomamenetelmiä suurempi. (Työturvallisuuskeskus & Työterveyslaitos, 2018.)

Myrkyllisiä yhdisteitä sisältävältä pölyltä voidaan suojautua. Jos on mahdollista, kannattaa myrkyllisiä yhdisteitä sisältävien materiaalien hionta suorittaa jollain muulla menetelmällä kuin käsihiomakoneilla. Käyttämällä esimerkiksi märkähiontaa tai automatisoimalla hiontaprosessin, ihmisen altistumista pölylle voidaan vähentää. Myös kohdepoistomenetelmillä voidaan vähentää hionnan aiheuttamaa kemiallista altistumista. Erityisen tärkeää on huolehtia oikeanlaisesta suojarustuksesta, jota tulee käyttää riskinarvioinnin mukaisesti. Ajantasaisesta käyttöturvallisuustiedotteesta tulee tarkistaa riskinhallintatiedot ja käytettävät henkilönsuojaimet. Mikäli hioja joutuu olemaan paljon tekemisissä terveyshaittaa aiheuttavien yhdisteiden kanssa, voidaan terveystarkastusten yhteydessä ottaa kokeita ja selvittää mahdollinen altistuminen. (Työturvallisuuskeskus & Työterveyslaitos, 2018.)

Käsihionnassa hiomakone kohdistaa käsiin tärinää. Pitkällä aikavälillä hiojalla on kohonnut riski sairastua tärinätautiin. Tärinä voi aiheuttaa sormien ja käsien alueella verisuonten seinämärakenteiden muutoksia sekä mahdollisia ääreishermoston vaurioita. Taudin yleisin oire on valkosormisuus kylmäältistuksessa, mutta se voi aiheuttaa myös käsien tuntohäiriöitä, puutumista, kömpelyyttä ja puristusvoiman heikkoutta. Työperäisten tautien rekisteriin ilmoitetaan vuosittain noin 10-15 tärinätautitapausta, mutta todellisten sairastumisten määrän arvioidaan olevan moninkertainen. Tärinätaudin oireet voivat altistavien tekijöiden kadottua vähentyä tai jopa poistua, mutta näin ei aina ole. Paras tapa tärinätaudin ehkäisemiseksi on vähentää tärinää. Tärinän ehkäisemiseksi käsihiomakoneissa voidaan käyttää esimerkiksi tärinänvaimennuskahvaa. (Työterveyslaitos, n.d.-c.)

Käsikoneilla hiominen voi olla raskasta. Esimerkiksi ”iso” kulmahiomakone eli 230 mm:n laikkaa käyttävä kulmahiomakone voi painaa kevyimmilläänkin 5 kg, mutta yleensä ne painavat 6-9 kg. Hyvällä hiontatekniikalla ja työergonomialla voidaan vähentää fyysistä rasitusta. Hionnan kuormitus pienenee hyvällä asennolla. Kädet kannattaa pitää mahdollisimman lähellä kroppaa ja asento sellaisena, mikä tuntuu hyvältä. Hiomakone ei tunnu niin raskaalta, kun sen paino saadaan jaettua vähintään kolmeen tukipisteeseen. Työskentelykorkeuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi trukkilavojen avulla. Koneissa on yleensä

ergonomiaa parantavia ominaisuuksia. Esimerkiksi kulmahiomakoneissa kahvan paikkaa voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Hiomakoneiden lisäksi teollisuudessa joutuu usein nostelemaan raskaita taakkoja. Mahdollisuuksien mukaan kannattaa harkita, olisiko nostotyö järkevämpää tehdä nosturin avulla. Hyvästä ergonomiasta ja fyysisen rasituksen pienentämisestä kannattaa huolehtia, sillä muuten voi saada erilaisia liikuntaelinsairauksia. (Atlas Copco, 2018; Työterveyslaitos, n.d.-b.)

Oikea asenne parantaa työturvallisuutta. Hiojan tulee suojata sekä itsensä että työympäristönsä. Työympäristöön voidaan laskea myös kanssaihmiset. On tärkeää varmistaa, että kaikilla samassa tilassa olevilla on asianmukainen suojavarustus, sillä myös vieressä seisoja voi saada kipinän silmään tai kuulovaurion. Hiojan tulee varmistaa, ettei kipinäsuihku aiheuta vahinkoa ympäristölle. Suojaseinämien käytöllä voidaan välttyä vaaratilanteilta. Kipinäsuihku tulee suunnata myös siten, ettei se polta omia haalareita. Hionnassa syntyvät kipinät voivat aiheuttaa myös tulipalon, joten on tärkeää huolehtia, ettei kipinäsuihku lennä mihinkään herkästi syttyvään. Esimerkiksi kemikaalit tai paperiset konepiirustukset voivat olla tulipaloherkkiä, joten työpiste kannattaa pitää siistinä. Etenkin katkaisulaikalla hiottaessa tulipalovaara tulee ottaa huomioon. (Ansaharju, 1980b, s. 56-74.)

Hiomakoneiden kanssa tulee käyttää aina henkilökohtaisten suojainten lisäksi konekohtaisia suojaimia. Ellei kyseessä ole karahiomakone, käsihiomakonetta ei saa käyttää, jos siitä puuttuu konekohtainen suojus. Etenkin ”pienten” kulmahiomakoneiden kanssa voi syntyä suuri kiusaus poistaa laikansuoja, koska se vaikeuttaa laikan ulottumista kappaleeseen. Näin ei kuitenkaan saisi tehdä, koska konekohtaisten suojien tarkoitus on estää vaaratilanteiden syntyminen. (Ansaharju, 1980b, s. 56-74.)

Ahtaista paikoista hiottaessa kulmahiomakoneella on riski, että laikka jumittuu. Tällöin vaarana on, että laikka särkyä tai hiomakone antaa takapotkun. Kulmahiomakoneen potkaistessa, kone iskee voimakkaan ”potkun” käyttäjää päin. Tämä on yksi merkittävistä syistä, miksi laikansuojaa ei saa irrottaa. Suoja estää laikkaa viiltämästä hiojaa. Ei ole merkitystä, mikä laikka hiomakoneeseen

on asennettu, suojaa tulisi käyttää aina. Erityisen tarkkana täytyy kuitenkin olla katkaisulaikkoja käytettäessä. Niillä saa katkeamaan niin teräksen kuin valtimon. (Metabo, 2016.)

Konekohtaisia turvallisuutta parantavia ominaisuuksia on nykyään paljon. Tyypillisimmin nämä kohdistuvat koneiden turvalliseen ja tasaiseen käynnistymiseen. Konekohtaisten turvallisuusominaisuuksien lisäksi on tärkeää huolehtia, että laikat ja muut työkalut täyttävät kaikki standardien mukaiset turvallisuusvaatimukset. Heikkolaatuiset laikat voivat särkyä herkästi ja aiheuttaa vaaratilanteita. Vaikka laikat täyttäisivät turvallisuusvaatimukset, niihin on tyypillisesti merkitty viimeinen käyttöpäivä, jonka jälkeen ne voivat kovettua, haurastua ja särkyä. Käytettävien laikkojen on oltava aina ehjiä ja oikein asennettuja. Työkalujen asiallisesta varastoinnista tulee huolehtia. Esimerkiksi lämpimässä ja kuivassa varastossa oleva säilytyshylly on hyvä paikka pitää laikkoja. Jotta laikkojen aiheuttamilta vaaratilanteilta voidaan välttyä, niitä tulee lähtökohtaisesti käyttää ja käsitellä oikein. Esimerkiksi katkaisulaikan sivupinnalla ei saa tehdä hiovaa liikettä. (Lepola & Ylikangas, 2016, s. 311-312.)

Jotta hionta olisi turvallista, työkappaleiden tulee pysyä liikkumattomana hionnan aikana. Jos kappale ei ole riittävän painava pysyäkseen omalla painollaan paikoillaan, se voidaan kiinnittää pöytään. Esimerkiksi erilaiset ruuvipuristimet sopivat tähän tarkoitukseen. Jos pöytään ei ole kiinnitetty kiinteää suuntaisruuvipuristinta eli viilapenkkiä, voidaan kiinnitys suorittaa esimerkiksi liimapuristimen eli vinkan avulla. Putkien kiinnityksessä voidaan käyttää putkiruuvipuristinta. Muita kiinnitysvaihtoehtoja ovat esimerkiksi vipukiinnittimet, kiinnitysraudat, kiinnitysruuvit, magneettikiinnittimet, viilaimet ja lukkopihdit. (Ansa-harju, 1980a, s. 15-17.)

Yleensä työpaikalla pärjää, kun noudattaa yleistä työturvallisuutta ja pitää järjen päässä. Työpiste kannattaa pitää siistinä. Hiottaessa lattialla on usein sähkökaapeli tai paineilmaletku. Siihen ei kannata kompastua. Työskennellessä tulee varoa, ettei kaapeli tai letku pääse vahingoittumaan. Hiomakone pitää irrottaa paineilma- tai sähköverkosta laikanvaihdon yhteydessä sekä työskentelyn loputtua. Käsikonetta ei saisi laskea käsistä ennen kuin se on pysähtynyt.

Jos hiomakone on vioittunut, sitä ei saa käyttää. (Ansaharju, 1980b, s. 74; Maaranen, 2012, s. 94.)

9 KÄSIHIOMAKONEIDEN TULEVAISUUS

Kuten opinnäytetyön alussa tuotiin ilmi, hionnan historia on pitkä. Tämän historian aikajanalla käsihiomakoneet ovat uusi keksintö, vaikka niitä on käytetty jo monen sukupolven ajan. Käsihiomakoneiden tulevaisuudelle on kolme skenaariota: ne korvataan muilla materiaalia poistavilla menetelmillä ja ne katoavat teollisuudesta; ne pysyvät pitkälti muuttumattomina ja ne säilyttävät vakiintuneen asemansa osana teollista tuotantoa; tai niitä kehitetään ja saatetaan keksiä jopa uusia käsihiomakoneratkaisuja. Keskimmäinen skenaario on epätodennäköisin, koska kehitys on vääjäämätöntä. Asia riippuu aikaperspektiivistä. Kymmenen vuoden kuluttua käsihiomakoneet voivat olla yleinen näky teollisuushalleissa, mutta sadan vuoden kuluttua ne voivat olla historiaa. On mahdotonta sanoa, miten asiat ovat tulevaisuudessa, mutta sitä voidaan spekuloida. Tarkastelemalla nykyisen kehityksen suuntaa, voidaan pohtia, mikä on käsihiomakoneiden tulevaisuus.

9.1 Korvaavia menetelmiä käsihionnalle

Jotta yritykset pysyvät kannattavina ja kilpailukykyisinä globaaleilla markkinoilla, niiden tulee aika ajoin tarkastella, voidaanko nykyistä valmistusmenetelmää karsia, voiko nykyisen valmistusmenetelmän korvata ja voiko nykyistä menetelmää parantaa. Käsihiomakoneilla on omat etunsa ja haittansa. Vaikka käsikoneet ovat edelleen yleisiä, monet teollisuusyritykset ovat pyrkineet korvaamaan niitä vaihtoehtoisilla koneilla. Käsihiomakoneiden hyviä puolia ovat liikuteltavuus, monipuolisuus ja kustannustehokkuus. Alhaiset kustannukset näkyvät erityisesti pienissä sarjoissa ja yksilöllisten tuotteiden valmistuksessa. Koneiden hankinta-, työkalu- ja käyttövoimakustannukset ovat myös alhaiset. Käsihiomakoneilla on myös omat haittapuolensa. Koneissa ei ole

automaatiota, joten hionnan suorittaa ihminen, jolla on omat inhimilliset rajoitteensa. Käsikoneilla hiominen on epätarkkaa, fyysisesti kuormittavaa, eikä niillä voida saavuttaa automatisoitujen koneiden tuotantokapasiteettia. Myös hionnassa irtoava pöly voi olla syy pyrkiä etsimään korvaavia työmenetelmiä. Vaihtoehtoisia menetelmiä käsihiomakoneiden korvaajiksi on paljon, mutta kaikissa niissäkin on omat heikkoutensa. (Kauppinen, 2009; Universal Grinding, n.d.)

Käsihiomakoneet voidaan korvata siirtymällä muihin hiomamenetelmiin. Muilla hiomakoneratkaisuilla voidaan saavuttaa vastaava tai jopa parempi lopputulos kuin käsihiomakoneilla. Eryityisesti NC-hionnalla voidaan saavuttaa tarkka ja tasalaatuinen lopputulos. Muilla hiomakoneilla työskennellessä työympäristö pysyy puhtaampana, koska käsihiomakoneet tuottavat eniten hiomapölyä. Vaikka vaihtoehtoisilla hiomakoneilla on omat etunsa, niiltä puuttuu käsihiomakoneiden oleellisin etu. Muut hiomakoneet ovat käsihiomakoneisiin nähden raskaita, joten niiden käyttö on paikkasidonnaista. Käsikoneita voidaan kuljettaa asennustyömaille, sillä ne ovat suhteellisen kevyitä ja mahtuvat pieneen tilaan. Käsihiomakoneita voi olla vaikeaa korvata kokonaan muilla hiomakoneilla. (Universal Grinding, n.d.)

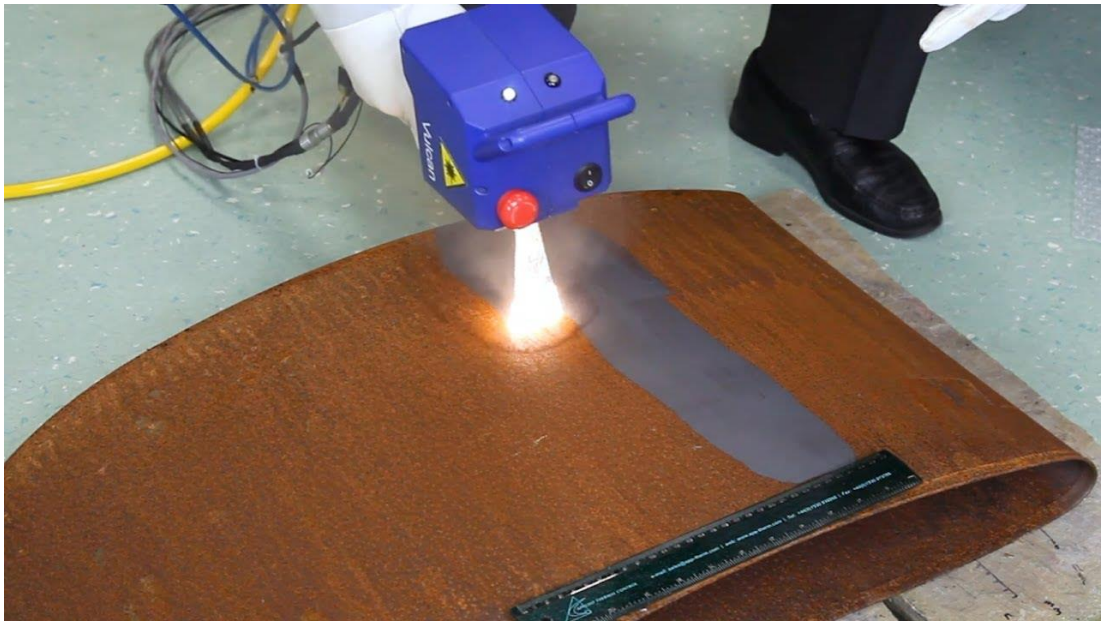
Hionnan sijaan voidaan vastaava lopputulos saavuttaa myös muilla lastuavilla työstömenetelmillä. Suurien koneistuskeskusten kanssa on sama ongelma kuin suurien hiomakoneiden kanssa eli ne painavat valtavasti, eikä niitä siksi voi kuljettaa käsikoneiden tavoin. Käsihiomakoneiden haastajaksi onkin tullut erilaiset käsijärsinkoneet eli viistekoneet (kuva 32). Ne ovat tehokkaita erilaisen reunamuotojen valmistuksessa. Koneita on saatavilla sekä levy- että putkitöihin. Terän valinnalla voidaan vaikuttaa haluttuun reunamuotoon, joten koneella voidaan esimerkiksi pyöristää reunat, tehdä viisteitä ja valmistaa muita railomuotoja. Viistekoneet ovat hyvä vaihtoehto myös hitsausviistenakertajalle. Ne eivät kuitenkaan sovellu laajempaan käsihiomakoneiden työhön, kuten hitsauskohtien puhdistamiseen. Puutteestaan huolimatta niillä on hyvä mahdollisuus kasvattaa tulevaisuudessa suosiotaan ja korvata käsihiomakoneet viisteiden ja pyöristysten tekemisessä. (Beveltools, 2023; Nevax, 2024; Universal Grinding, n.d.)



Kuva 32. Viistekone ja sen avulla valmistettu viiste (Beveltools, 2020).

Monia menetelmiä, joita voidaan käyttää puhdistushionnan sijaan, on ollut jo pitkään. Näihin kuuluu esimerkiksi suihkupuhdistus (hiekkapuhallus), termiset menetelmät (liekkipuhdistus) sekä kemialliset menetelmät (happopeittaus). Edellä mainittujen lisäksi kappaleiden puhdistamiseen ruosteesta ja muista epäpuhtauksista on teollisuuteen tullut laserpuhdistuslaitteita (kuva 33). Laserpuhdistuksella kappaleen pinta voidaan puhdistaa tehokkaasti, mutta hellävaraisesti. Laitteiden avulla kappaleen mittatarkkuus ei muutu, mutta pinnan epäpuhtaudet voidaan poistaa. Menetelmä soveltuu myös tilanteisiin, joissa pölyn syntymistä tulisi välttää. Laserpuhdistustekniikka ei ole ainoa uusi menetelmä epäpuhtauksien poistamiseen. Räjähdyshuuhdistus ja kuivajääpuhdistus ovat erikoistekniikoita, jotka sopivat vaativiin puhdistustilanteisiin. Yleensä näitä tekniikoita käytetään kuitenkin tapauksissa, joissa ei lähtökohtaisesti edes käytettäisi käsihiomakoneita. Puhdistusmenetelmillä on omat etunsa ja rajoitteensa suhteessa käsihiomakoneisiin. Puhdistustekniikat ovat nimensä mukaan kappaleiden puhdistamista varten, mutta suurempi materiaalinpoisto

niiden avulla ei onnistu. Niillä voidaan kuitenkin helposti korvata hiomalla toteutettu epäpuhtauksien poisto. Erityisesti laserpuhdistusmenetelmällä on hyvä mahdollisuus kasvattaa suosiotaan, mutta vielä tällä hetkellä laitteistot ovat hintavia suhteessa esimerkiksi käsihiomakoneisiin. (Ihalainen ym., 1989, s. 395-397; Mononen, n.d.)



Kuva 33. Laserpuhdistus (Powerlase, 2018).

Teollinen tuotanto onnistuu myös ilman käsihiomakoneita. Haittapuolistaan huolimatta käsikoneet ovat kuitenkin tietyissä työtehtävissä erittäin käteviä ja tehokkaita. Monet materiaalia poistavat menetelmät voivat korvata ne, mutta voi olla, että yksi käsihiomakone täytyy korvata usealla muulla koneella. Teollisuuden maailmanlaajuiset megatrendit ovat osoittaneet, että perinteiset miesvoimin toteutetut valmistusmenetelmät tulevat entisestään väheneeseen. Tekniikka kehittyy nopeasti ja joku voi kehittää käsihiomakoneet korvaavan koneen. Voi olla, että käsihiomakoneet tulevat jonakin päivänä katoamaan teollisuudesta, mutta vielä asiasta ei kannata olla huolissaan. (Universal Grinding, n.d.)

9.2 Käsihiomakoneiden tulevaisuus teknologisten megatrendien keskellä

Viime vuosina on puhuttu, että tällä hetkellä on käynnissä neljäs teollinen vallankumous eli teollisuus 4.0 (industry 4.0). Vallankumouksen neljäs aalto tuo tietotekniset innovaatiot keskeiseksi osaksi teollisuutta. Tällaisia teknologisia megatrendejä ovat esimerkiksi edistynyt automaatio ja robotiikka, 3D-tulostus, esineiden internet, kehittynyt analytiikka ja massadata, 5G, kyberturvallisuus, pilvipalvelut, suurteholaskenta, toimintojen digitalisointi, tekoäly ja kyberfyysiset järjestelmät. Lähtökohtaisesti käsikoneet eivät välttämättä ole ensimmäisiä teollisuuden tuotantovälineitä, joihin teollisuus 4.0 uskotaan kohdistuvan. Monet hiomakonevalmistajat niin Suomessa kuin ulkomailla kehittävät kuitenkin innovaatioita, jotka liittyvät teollisen vallankumouksen uuteen aaltoon. (Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2020.)

Käsihiomakoneilla varustettuja käsivarsirobotteja on ollut jo jonkin aikaa, mutta ne eivät ole olleet kovin kehittyneitä. Pölyttömästä Abranet-hiomapyöröstä tunnettu Mirka Oy on tuonut markkinoille ensimmäisen älykkään sähköhiomakoneen teollisuus- ja yhteistyöroboteille. Yrityksen valikoima koostuu monista roboteihin kiinnitettävistä tasohiomakoneista ja kiillotuskoneista. Robotit voidaan ohjelmoida työhön, joka on normaalisti ollut ihmisen tekemää. Hiomakoneiden älyominaisuudet näkyvät erityisesti hionnasta kerättävässä datassa. Hiomapään ja ohjausjärjestelmän välillä kulkee kaksisuuntainen tiedonsiirto, jonka antamien tietojen perusteella hiontaprosessia voidaan tehostaa. Robotihionta ja -kiillotus sopii kaikenlaisille pinnoille, mutta tällä hetkellä sen pääasiallisia käyttökohteita ovat ajoneuvo-, komposiitti- ja puupinnat. Hionnan robotisoinnin ja älyominaisuuksien avulla prosessista saadaan hallittavampaa, tehokkaampaa ja laadukkaampaa. Kuvassa 34 on esimerkki robottihiomapäällä varustetusta käsivarsirobotista. (Mirka, 2024.)



Kuva 34. Robottihiomapäällä varustettu käsivarsirobotti (Mirka, 2024).

Ensimmäiset robotisoidut tasohiomakoneet voivat osoittaa, että kehitys kohti teollisuuden neljättä vallankumousta on tulossa myös osaksi käsihiomakoneita. Jos hiontaa ei kuitenkaan tehdä käsissä pidettävillä koneilla vaan roboteilla, ei enää voida puhua käsihiomakoneista. Vaikka koneiden toimintaperiaate ei muutu, työntekijä vaihtuu ihmisestä robotiksi. Mirka Oy markkinoikin tuotteitaan robottihiomapää-nimellä, mikä on osuva nimi kuvaamaan koneita. Nämä koneet voivat olla hyvä vaihtoehto teollisuushallissa toteutetulle hiontaprosessille, mutta asennustyömaille robottihiomakoneita voi olla vaikeaa kuljettaa. Tästä johtuen on mahdollista, että robottihiomapääät tulevat uudeksi hiomakonevaihtoehdoksi, mutta ne eivät korvaa kokonaan ihmisen tekemää hiontatyötä.

Saksalaisyritys Deprag on arvioinut, että seuraavan sukupolven älykkäät hiomakoneet ovat tulossa. Lisäämällä käsihiomakoneisiin antureita ja muita tietoteknisiä komponentteja, koneet voidaan tuoda osaksi neljättä teollista vallankumousta. Esineiden internetin (IoT) avulla voidaan jatkuvasti kerätä työskentelyn kannalta oleellista dataa. Hiomakoneelta saadun datan avulla voidaan parantaa esimerkiksi kustannustehokkuutta ja turvallisuutta.

Kustannusseurannassa voidaan tarkastella muun muassa työkalujen kulumista, työn kestoa ja käyttövoimakustannuksia. Turvallisuus paranee, kun koneesta saadaan selville mahdolliset kunnossapitotoimenpiteet, laikan nopeustiedot ja laikkaan kohdistuva kuorma. Näiden avulla järjestelmä – johon tiedot on kerätty – voi suositella työkaluvaihtoehtoja ja antaa informaatiota, miten niitä käytetään optimaalisesti. (Deprag, 2017.)

Teollisuuden neljännellä vallankumouksella ja moderneilla megatrendeilla on mahdollisuus disrumpoida koko metalliteollisuus. Tulevaisuudessa uudet materiaalit, suunnittelu- ja tuotantomenetelmät voivat korvata vanhat. Tällä voi olla vaikutusta myös käsihiomakoneisiin. Eräs keskeinen tulevaisuuden materiaali on hyvin suurella todennäköisyydellä fossiilivapaa teräs. SSAB, LKAB ja Vattenfall ovat pyrkineet luomaan yhteistyössä tällaista materiaalia. On myös mahdollista, että komposiitit tulevat korvaamaan metallisia materiaaleja, sillä muutos on nähtävissä jo tällä hetkellä. Esimerkiksi erilaiset kemikaalien kuljetussäiliöt on voitu valmistaa komposiitista, koska sillä on hyvät ominaisuudet ja edulliset valmistuskustannukset. Tulevaisuudessa suunnittelutehtävät voivat olla hyvin erilaisia kuin tällä hetkellä, jos tekoäly saadaan valjastettua avustavaksi tekijäksi tuotannon ja tuotteiden suunnittelussa. 3D-tulostus on eräs tuotantomenetelmä, jonka uskotaan yleistyvän yhä enenevässä määrin tulevaisuudessa. Laitteistojen kehittyessä, ne voivat muodostua keskeiseksi osaksi valmistavaa teollisuutta. Mikäli materiaalia lisäävistä menetelmistä saadaan riittävän tehokkaita ja tarkkoja, materiaalia poistavia menetelmiä tarvitaan entistä vähemmän. Tällöin hiomakoneiden merkitys voi vähentyä. (Euroopan tilintarkastustuomioistuin, 2020; SSAB, 2024; Admor Composites, 2024.)

Todennäköisimmät lähivuosien käsihiomakoneisiin liittyvät parannukset ja innovaatiot ovat sellaisia, jotka parantavat turvallisuutta ja käyttömukavuutta. Koneista voi tulla kevyempiä, niiden tärinää voidaan vaimentaa ja moottorin käyntiäänestä voi tulla hiljaisempi. Turvallisuusstandardeista tulee jatkuvasti tiukempia ja markkinoilla olevien koneiden tulee noudattaa niitä. Käyttöturvallisuuden parantamiseksi koneisiin voi tulla monia ominaisuuksia, jotka esimerkiksi estävät laikan pyörimisen vaaratilanteissa, kuten laikan jumittuessa. On myös mahdollista, että akkukoneet tulevat korvaamaan johdolliset

hiomakoneet. Suurimmat hiomakoneiden uudistukset tulevat todennäköisimmin lyhyellä aikavälillä liittymään laikkoihin. Monet laikanvalmistajat pyrkivät jatkuvasti kehittämään tuotteitaan. Laikoista pyritään tekemään tehokkaampia, turvallisempia ja ympäristöystävällisempiä. Esimerkiksi lamellilaikkojen rungoissa voi olla kierrätettyjä materiaaleja. (Tyrolit, 2024.)

On yleistä, että muutoksen nopeus yliarvioidaan, mutta sen merkitys aliarvioidaan. Voi olla, että teollisuus 4.0 hypetyks ei toteudu ainakaan lyhyellä aikavälillä, mutta saattaa olla, ettei kukaan osaa arvioida, kuinka merkittävästi teollisuus tulee vielä muuttumaan. Muutoksen keskiössä on kuitenkin aina kannattavuus. Jos jokin asia toimii, sitä ei ole tarvetta muuttaa. Osaltaan tämä saattaa tulevaisuudessa päteä myös käsihiomakoneissa. Tällä hetkellä käsihiomakoneiden rakenteet ja toimintaperiaatteet ovat yksinkertaisia, joten niiden hankinta- ja ylläpitokustannukset ovat alhaiset. Mitä enemmän komponentteja koneissa on, sitä kalliimpia niistä tulee. Jos tietoteknisten komponenttien avulla tuottavuutta ei saada merkittävästi lisättyä, voidaan pohtia, onko mitään järkeä kasvattaa käsihiomakoneiden kustannuksia. On mahdollista, että tulevaisuudessa on kalliimpia koneita, joista dataa saadaan kerättyä, ja halvempia koneita, joiden toimintaperiaatteet vastaavat nykyisiä. Riippumatta siitä, millaisia tulevaisuuden koneet ovat, ainakaan lyhyellä aikavälillä ei ole nähtävissä, että käsihiomakoneet olisivat katoamassa teollisuudesta mihinkään.

LÄHTEET

- 3M. (n.d.). 3M-tuotteiden käyttö metalliteollisuudessa. Haettu 15.3.2024 osoitteesta https://www.3msuomi.fi/3M/fi_FI/metalworking-ndc/applications/
- Admor Composites. (2024). Komposiitti vs. teräs. <https://www.admorcomposites.fi/fi/komposiitti-vs-teras/>
- AEG Heimwerker. (1977). Sähkötyökalujen ja -koneiden & tarvikkeiden tuoteluettelo.
- Airas, V. (1936). Keksintöjen kirja: Metalliteollisuus. Werner Söderström Osa-
keyhtiö.
- Ansaharju, T., Ilomäki, O., & Maaranen, K. (1980a). Kone- ja metallitekniikka: Asennus- ja kone-elimet 1. WSOY.
- Ansaharju, T., Ilomäki, O., & Maaranen, K. (1980b). Kone- ja metallitekniikka: Työstötekniikka 1 (Kokeilup.). WSOY.
- Atlas Copco. (26.6.2018). Pocket guide to grinding. https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/industrial-technique/general/documents/pocketguides/9833864101_L.pdf
- Autio, A. (1982). Kone- ja metallialan perusoppi 2: Raaka-aineet. Otava.
- Beveltools. (1.12.2020). Catalog. <https://www.suomenelectrodi.fi/wp-content/uploads/2020/12/Beveltools-2020.pdf>
- Beveltools. (3.11.2023). Catalog. https://beveltools.com/wp-content/uploads/2023/11/Catalogus_2023-ENG-NL-US_NP_Nov-2023.pdf
- Biltema. (n.d.). Monitoimihiomakone, hiomapaperit ja muut hiomatarvikkeet. Haettu 1.2.2024 osoitteesta <https://www.biltema.fi/tyokalut/hionta/>
- Bloch, A. (2004). Murphyn kootut lait: Kaikki mikä voi mennä pieleen myös menee pieleen. Gummerus.
- Bosch DIY and Garden Suomi. (4.8.2014). Bosch rullahiomakone - helppo hiominen, laitetta vaihtamatta [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=N2xc9NOPBt0>
- Deprag. (9.6.2017). Smart factory – Industry 4.0: In grinders? https://www.igr-falliance.org/data_files/news/d1-17a-deprag-hubalek.pdf
- Etra. (n.d.). Hiontarvikkeet. Haettu 26.1.2024 osoitteesta <https://www.etra.fi/fi/hiontarvikkeet-e140>
- Euroopan tilintarkastustuomioistuin. (21.9.2020). Euroopan teollisuuden digitalisointi: kunnianhimoinen aloite, jonka onnistuminen riippuu EU:n, valtioiden

ja yritysten sitoutumisen kestävydestä. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/digitising-eu-industry-19-2020/fi/index.html>

Finntools. (n.d.). Karahiomakone 22tk/m 420W 6mm P.330mmCP. <https://finntools.fi/product/2130/karahiomakone-22tkm-420w-6mm-p330mmcp>

FKM Schleifsystemtechnik. (3.3.2021). FKM Produktdatenblaetter [Tuotetiedot]. https://fkm-tec.com/wp-content/uploads/2021/03/FKM_Produktdatenblaetter_ENG.pdf

Flex. (2022). 100 vuotta Flex. <https://www.flex-tools.com/fi-fi/yritys/historia>

Gies, F. & Gies, J. (1995). Cathedral, Forge, and Waterwheel - Tecnology and Invention in the Middle Ages. HarperPerennial.

Guillen, A., Goh, F., Andre, J., Barral, A., Brochet, C., Louis, Q., & Guillet, T. (12.2.2019). From the microstructure of steels to the explosion of sparks. Emergent Scientist. <https://doi.org/10.1051/emsci/2019001>

Hartman. (n.d.). Hioma-, katkaisu-, kiillotuslaik. Haettu 25.1.2024 osoitteesta <https://www.hartman.fi/fi/tyokalut-ja-teollisuustarvikkeet/hiomatarvikkeet/hioma-katkaisu-kiillotuslaik>

Heikkilä, M. (2017). Aihionhiomakoneen tehon nosto [AMK-opinnäytetyö, Lapin ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017121120527>

Hikoki. (2024). 760W 6mm Die Grinder Variable Speed. <https://hikoki.co.nz/shop/ac-corded-tools/230v-grinders/6mm-die-grinder-variable-speed-2/>

Huhtala, V., Rusanen, A., Makkonen, T., & Ojanen, T. (1987). Konstruktio tekniikka. Valtion painatuskeskus.

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M., & Sihvonen, P. (1989). Valmistustekniikka (2. korj. p.). Otakustantamo.

IKH. (n.d.-a). Hiomatarvikkeet. Haettu 10.2.2024 osoitteesta <https://www.ikh.fi/fi/tarvikkeet/hiomatarvikkeet>

IKH. (n.d.-b). Kulmahiomakonepaketti KG23SB (S) 2200W / 840W. Haettu 15.5.2024 osoitteesta https://www.ikh.fi/fi/kulmahiomakonepaketti-kg23sb-s-2200w-840w-hi68000516?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMlnLok-8WKhqMVk12RBR0RvwY0EAQYBiABEglqiPD_BwE

Jiang, G. (2020). A critical review on the chemical wear and wear suppression of diamond tools in diamond cutting offerrous metals. IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2631-7990/ab5d8f/pdf>

Juuso, J. (2023). Kunnossapito [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Kauppinen, V. (2009). Konepajateknisiä pohdintoja. Teknillinen korkeakoulu. <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/fd6c6c1f-60b4-4c42-85e2-1be8a5ac92e5/content>

Kerminen, T. (2022a). Hitsaustekniikan luentomateriaali [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Kerminen, T. (2022b). Työstötekniikan luentomateriaali [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>

Klingspor. (2023). Tietoa hiomisesta. <https://www.klingspor.fi/tietoa-hiomisesta>

Lepola, P., & Ylikangas, R. (2016). Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet (1. p.). Sanoma Pro.

Maaranen, K. (2012). Koneistus. Sanoma Pro Oy.

Makita. (17.6.2014). Makita Straight Grinder GS5000. <https://www.makita.co.za/straightgrinder.html>

Metabo. (2016). Kulmahiomakone on vaarallinen työkalu – Pelaa siis varman päälle. <https://www.metabo.fi/kulmahiomakone-on-vaarallinen-tyokalu-pelaa-siis-varman-paalle/>

Miekk-Oja, H. M. (1965). Metallioppi (3. p.). Otava.

Milwaukee. (n.d.). Suorakatkaisukoneet ja laikkaleikkurit. Haettu 5.3.2024 osoitteesta <https://fi.milwaukeeetool.eu/fi-fi/akkutyokalut/sahaus-ja-katkaisu/suorakatkaisukoneet-ja-laikkaleikkurit/>

Mirka. (2024). Robottihionta ja -kiillotus. <https://www.mirka.com/fi-fi/know-how/ratkaisut/mirka-automaatio--robottihionta-ja--kiillotus/>

Mononen, A. (n.d.). Teollisuuspuhdistuksen uusia menetelmiä käytetään jo monilla tuotannonaloilla. Prometalli. Haettu 29.4.2024 osoitteesta <https://www.prometalli.fi/natiivi/347/teollisuuspuhdistuksen-uusia-menetelmia-kaytetaan-jo-monilla-tuotannonaloilla>

Nevax. (2024). Trutool tkf 1500 hitsausviistenakertaja. <https://www.nevax.fi/tuote/trutool-tkf1500-hitsausviistenakertaja-2241169/>

Nikiforov, I., Maltsev, P., Ivanov, V., & Barsuk, I. (16.6.2015). Explanation of the express method of the determination of steel grade by spark. Rezekne Higher Education Institution. <https://journals.ru.lv/index.php/ETR/issue/view/21/27>

Norton. (30.4.2007). When is a Grinding Wheel Worn Out? <https://www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/when-grinding-wheel-worn-out>

- Norton. (17.4.2020). The Norton Guide to Cordless Angle Grinders. <https://www.nortonabrasives.com/en-gb/resources/expertise/norton-guide-cordless-angle-grinders>
- Oy Machinery Ab. (1.2.1932a). Grits and grinds nro 2. Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot. <https://digi.kansalliskirjasto.fi/aikakausi/bin-ding/998921?page=3>
- Oy Machinery Ab. (1.3.1932b). Grits and grinds nro 3. Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot. <https://digi.kansalliskirjasto.fi/aikakausi/bin-ding/998920?page=4>
- Oy Machinery Ab. (1.4.1933). Grits and grinds nro 4. Kansalliskirjaston digitaaliset aineistot. <https://digi.kansalliskirjasto.fi/aikakausi/bin-ding/998934?page=3>
- Parkkinen, A. (1945). Hiomavälineet ja hionta. Kauppa- ja teollisuusministeriö.
- Pere, A., & Rapinoja, J. (2021). Koneenpiirustus 1 & 2 ([Päivitetty], 13. painos.). Kirpe Oy.
- Powerlase. (2018). Laser Rust Removal. <https://www.powerlase-limited.com/applications/rust>
- Pureva. (2020). Tunnistetiedot. <https://pureva.fi/tunnistetiedot/>
- Rastas-Tuominen, J. (2023). Tuotannonohjaus (PowerPoint-diat). SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>
- Real Engineering. (15.6.2016). Steam Engine - How Does It Work [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fsXpaPSVasQ>
- Reponen Oy. (1.5.2018). [Yrityksen kotisivut]. <https://www.reponen.fi/>
- Ryti, H., Huhtamo, O. E., & Leskinen, J. (1974). Tekniikan käsikirja: 9, Konepajatekniikka (8. uus. ja lis. p.). Gummerus.
- Saarineva, J. (1995). Lujuusoppi: peruskurssi. Pressus.
- Santanen, T. (2022). Lujuusoppi 2 [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle. <http://moodle.samk.fi/>
- Sataedu. (2010). Kehänopeus. https://moodle.sataedu.fi/pluginfile.php/45353/mod_resource/content/0/5_KEHAENOPEUS.pdf
- Seppänen, M. (17.12.2021). Rikka tai roska silmässä (sarveiskalvon tai sidekalvon vierasesine). Terveyskirjasto. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00925>
- Skil. (2022). Työkalut ja käyttötavat. <https://www.skil.fi/tyokalut-ja-kayttotavat.html>

SSAB. (2024). Fossiilivapaus on aivan mutkan takana.

<https://www.ssab.com/fi-fi/fossiilivapaa>

STViF & Nordman, K. (2005). Keihäänkärkiä: Kolmetoista kertomusta suomalaisesta huipputekniikasta. Svenska tekniska vetenskapsakademierna i Finland.

Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. (2007). Hitsaustekniikka-lehti. Halkeamat, 35-36. http://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2007/ht_4_07/files/assets/basic-html/page35.html

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Haettu 17.4.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Pidm46651396829840>

The Museum of Fine Arts. 17.9.1997. Politura Armorum by Hans Collaert II. E-Museum. <https://emuseum.mfah.org/objects/40743/politura-armorum>

Tukes. (7.4.2022). Tukes ja työsuojeluviranomaiset varoittavat: Ketjuterä tai hammastettu puuntyöstöterä ei ole turvallinen kulmahiomakoneessa. <https://tukes.fi/-/tukes-ja-tyosuojeluviranomaiset-varoittavat-ketjuterä-tai-hammastettu-puuntyostotera-ei-ole-turvallinen-kulmahiomakoneessa>

Tyrolit. (2024). Innovations. <https://www.tyrolit.com/at-en/why-tyrolit/innovation/>

Työterveyslaitos. (n.d.-a). Suojaimet. Haettu 19.4.2024 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/rakennusalan-ammattikohtaiset-tyopaikkaselvitykset-rats/suojaimet#:~:text=100%20dB%3An%20melussa%2C%20esimerkiksi,saa%20jo%20alle%20minuutin%20aikana>

Työterveyslaitos. (n.d.-b). Tuki- ja liikuntaelinterveyden edistäminen työssä. Haettu 22.4.2024 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/tuki-ja-liikuntaelinterveyden-edistaminen-tyossa>

Työterveyslaitos. (n.d.-c). Tärinätauti. Haettu 19.4.2024 osoitteesta <https://www.ttl.fi/teemat/tyoterveys/ammattitaudit/tarinatauti>

Työturvallisuuskeskus & Työterveyslaitos. (30.10.2018). Tietokortti kemiallisesta altistumisesta metalli- ja autoalojen työtehtävissä. <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Metallin-hionta.pdf>

Universal Grinding. (n.d.). Advantages and disadvantages of grinding with a hand grinder. Haettu 26.4.2024 osoitteesta <https://universalgrinding.com/industry-news-blog/advantages-and-disadvantages-of-grinding-with-a-hand-grinder>

Universal Grinding Wheel Company. (1965). Hiomalaikkaehdotukset. Frenckellin Kirjapaino Osakeyhtiö.

Valpola, V. (1971). Facta: 10-osainen tietosanakirja. 3, Gas - Isl.

Walter. (16.4.2010). Industrial Wire Brushes. https://www.walter.com/documents/175001/179138/ps_wirebrush.pdf/8f85da56-1264-4931-881a-91ac45f5821c

Weiler. (26.3.2018). Flap Discs: The Right Selection and Technique Can Save Time and Money. MSC. <https://www.mscdirect.com/betterMRO/msc-generate-pdf/4221>

Weiler. (23.7.2020). Vianmäärittäminen. https://www.weilerabrasives.com/userfiles/images/homepage/resources/resource_library/brochures/troubleshooting%20guide/troubleshooting%20guide%20fi%20web.pdf

Werner Söderström osakeyhtiö, kustantaja, Toivonen, R., Mäki-Kuutti, T., Bonsdorff, M., Bonsdorff, M., & Juurikkala, E. (1981). TEK: Keksintöjen kirja. WSOY.

Werner Söderström osakeyhtiö, kustantaja, Toivonen, R., Mäki-Kuutti, T., Forslund, R., & Alanko, J. (1982). TEK: Tekniikan tietokeskus. 2, [Hal-Kai]. WSOY.

Wirzenius, A., & Peitsamo, P. (1966). Konstruktitekniikka teknillisiä oppilaitoksia varten: 1. Kustannusyhtiö.

Wonkee Donkee Tools. (2020). Introduction to DeWalt Sanders. <https://www.wonkeedonkeetools.co.uk/dewalt-woodworking-power-tools/introduction-to-dewalt-sanders>

Wurth. (26.11.2019). Hiomatarvikkeet. https://docs.wurth.fi/wurth_tuotekuvasto/3_Hiomatarvikkeet/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Ziemann, M. (14.6.2016). Hiekkapaperin keksivät pyramidejaan kiillottaneet egyptiläiset – Kohta hiekkapaperia käytetään myös siivoukseen. Yle. <https://yle.fi/a/3-8956544>