

Teemu Kähkönen

PAPERIKONEEN TELAHIONNAN HIOMAKIVIEN MÄÄRITTELY ERILAISILLE
TELAPINNOITTEILLE

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Elektroniikan tuotantotekniikka

Kevät 2003

Osasto Tekniikka	Koulutusohjelma Elektroniikan tuotantotekniikka
Tekijä(t) Kähkönen Teemu	
Työn nimi Paperikoneen telahionnan hiomakivien määrittely erilaisille telapinnoitteille	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t)
Kunnossapito	Savolainen Heikki (Kajaanin AMK) Suutari Pentti (UPM-Kymmene Oyj)
Aika Kevät 2003	Sivumäärä 84 + 12
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työn tavoitteena on kartoittaa sopivat hiomalaikat erilaisten telapinnoitteiden hiontaan UPM-Kymmene Oyj:n Kajaanin tehtaalla. Kartoituksessa selvitetään Kajaanin tehtaan kolmella eri paperikoneella käytössä olevat erilaiset telatyypit ja –pinnoitteet, joille määritellään hiomalaikat telojen hiontaan.</p> <p>Työssä käsitellään yleisesti telahiomakoneiden ominaisuuksia, rakennetta ja toimintaa sekä tarkastellaan erikseen Kajaanin tehtaan PK2:n ja PK4:n telahiomakoneita oheislaitteineen. Hiomalaikoista käsitellään teräaineita, sideaineita, laatumerkintää, oikaisua ja teroitusta sekä timantoinnin vaikutuksia hiomalaikkaan. Lisäksi määrittelyssä perehdytään hiomisen teoriaan ja käytetään apuna suosituksia eri tahoilta. Telahionnasta selvitetään myös läpimenoaikaa, tehokkuutta, telojen mittaamista ja hiontaprosessin optimointia.</p> <p>Tuloksissa annetaan ohjeita hiomalaikan valintaan hiomalaikkojen erilaisten ominaisuuksien perusteella ja esitetään telahiojilta saadut tiedot hiomalaikoista, joita he käyttävät telojen hiontaan. Lisäksi tuloksissa annetaan hiomalaikka- ja telapinnoitevalmistajien tekemiä suosituksia hiomalaikkojen valinnasta. Tuloksissa on myös kartoitettu tietoa telahionnan läpimenoajoista ja tehokkuudesta.</p> <p>Työn tuloksena saadaan opastavaa tietoa hiomalaikan valintaan, koska voidaan päätellä, ettei ole aivan ehdottoman varmaa tulosta siitä, mikä olisi oikea hiomalaikka kulloinkin kyseessä olevalle telapinnoitteelle. Telahionnassa kaikki vaikuttaa kaikkeen, myös hiomalaikan valintaan.</p>	
Luottamuksellinen Ei	
Hakusanat Telahionta, telahiomakone, hiomalaikka	
Säilytyspaikka Kajaanin AMK kirjasto	



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

Kajaani Polytechnic

**ABSTRACT
FINAL YEAR PROJECT**

Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Production engineering
Author(s) Kähkönen Teemu	
Title Defining Abrasive Wheels in Roll Surfaces in Roll Grinding	
Optional professional studies Maintenance	Instructor(s) / Supervisor(s) Savolainen Heikki (Kajaani polytechnic) Suutari Pentti (UPM-Kymmene Ltd)
Date Spring 2003	Total number of pages 84 + 12
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to define suitable abrasive wheels in the roll grinding of different kinds of roll surfaces. The definition was done in the Kajaani mill of UPM-Kymmene Ltd. The abrasive wheels of every roll surface were specified.</p> <p>The focus was on the characters, structure and operation of the roll grinding machines, the theory of grinding, the characters of the abrasive wheels, and different kinds of rolls and roll surfaces. When defining the abrasive wheels, attention was paid to the recommendations of the professionals. Other things having an influence on the selection of the abrasive wheel were also taken into consideration.</p> <p>The roll grinding machines of Paper Machine 2 and 4 were examined separately. The abrasive wheels were handled with abrasive materials, bonding materials, the specifications of the wheels and the dressing with the diamond dressing tools. The project also paid attention to the grinding values, characters of the rolls, efficiency, turnaround, general grinding mistakes, and general instructions on the roll grinding. In addition, attention was paid to the measuring of the rolls and the optimising of the roll grinding process.</p> <p>The results gave instructions on the selection of the abrasive wheel, paying attention to the different kinds of features of the abrasive wheels. This part of the project paid attention to professionals` knowledge about the abrasive wheels, which they use in the roll grinding process.</p> <p>The conclusions of the project are only guiding, because it is not absolutely sure which abrasive wheel is the right one for a specific roll surface.</p>	
Confidential No	
Keywords Roll grinding, roll grinding machine, abrasive wheel	
Deposited at The Library of Kajaani polytechnic	

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty UPM-Kymmene Oyj:n Kajaanin tehtaalle keväällä 2003. Työssä on tarkoituksena kartoittaa telahiomalaikat eri telapinnoitteille ja antaa ohjeita hiomalaikan valintaan. Lisäksi tarkoituksena on tuoda nykyisten telahiojien ammattitaidon tuoman kokemuksen hyöty tulevien telahiojien ja työnjohtajien käyttöön hiomalaikan valinnassa ja telahiontaprosessin tuntemisessa.

Insinöörityön aiheeni sain kunnossapidon työnjohtaja Pentti Suutarilta, jolle haluan antaa erityiskiitoksen työn aiheesta ja avusta tämän työn tekemisessä. Lisäksi haluan kiittää erityisesti PK4:n telahioja Jorma Mankista sekä PK2:n telahioja Pekka Kuntsia heiltä saamistani tiedoista, neuvoista ja ohjeista. Erityiskiitokset ansaitsee myös insinöörityöni valvoja DI Heikki Savolainen Kajaanin ammattikorkeakoululta. Kiitän myös kaikkia telapinnoite- ja telahiomalaikka-valmistajia sekä heidän edustajiaan antamistaan tiedoista ja suosituksista.

Kajaanissa 27. maaliskuuta 2003

Teemu Kähkönen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	8
2	TELAHIOMAKONEET	10
2.1	Yleistä	10
2.2	Hiomakonetyypit.....	10
2.3	Rungot ja johteet	12
2.4	Rungon staattinen jäykkyys.....	13
2.5	Rungon dynaaminen jäykkyys.....	13
2.6	Hiomakoneen perustus ja joustoasennus.....	14
2.7	Hiomakaran toiminta ja hiomalaikan laakerointi	15
2.8	Bombeeraushiontalaitteisto	16
2.9	Telasorvaus.....	17
2.10	Työkappaleen käyttö.....	17
2.11	Telojen kannatus hionnassa	18
2.12	Lastuamisnestejärjestelmä	19
3	KAJAANIN TEHTAAN TELAHIOMAKONEET	21
3.1	Kajaanin PK2:n telahiomakone	21
3.1.1	Perustus.....	21
3.1.2	Telan kannatus ja käyttö	22
3.1.3	Lastuamisnestejärjestelmä.....	22
3.2	Kajaanin PK4:n telahiomakone	23
3.2.1	Koneen tekniset tiedot.....	23
3.2.2	Perustus.....	25
3.2.3	Karalaakerointi	25
3.2.4	Telan kannatus ja käyttö	26
3.2.5	Lastuamisnestejärjestelmä.....	26
3.2.6	RollCal2 –telojenmittausjärjestelmä	26
3.2.7	RollControl –Ohjaus ja bombeerausikäyttö.....	27

4	HIOMALAIKAT	29
4.1	Yleistä	29
4.2	Hiomalaikkojen teräaineet	29
4.2.1	Alumiinioksidi eli korundi	30
4.2.2	Piikarbidi	30
4.2.3	Boorikarbidi	31
4.2.4	Timantti	31
4.2.5	Kuutiollinen boori-nitridi (CBN)	32
4.3	Hiomalaikkojen sideaineet	32
4.3.1	Lasimaiset sideaineet	33
4.3.2	Orgaaniset sideaineet	33
4.3.3	Metalliset sideaineet	34
4.4	Hiomalaikkojen laatumerkintä	34
4.4.1	Hioma-aine	35
4.4.2	Hiomarakeen karkeus	35
4.4.3	Hiomalaikan kovuus	36
4.4.4	Hiomalaikan rakenne	37
4.4.5	Sideaine	38
4.5	Hiomalaikkoihin tehtävät merkinnät	38
4.6	Hiomalaikkojen mittojen ja muotojen merkintä	40
4.7	Hiomalaikan teroitus ja oikaisu	41
4.7.1	Yksikivinen timantti	42
4.7.2	Monikiviset timantit	43
4.7.3	Jauhepäällystetty työkalu	43
4.8	Timantoinnin vaikutuksesta hiomalaikkaan	43
5	TELOJEN HIONTA	45
5.1	Hiontatapahtuma	45
5.2	Telojen hionta-arvot	46
5.2.1	Hiomalaikan nopeus	46
5.2.2	Telan kehänopeus	47
5.2.3	Telan ja hiomalaikan nopeussuhde	47
5.2.4	Lastuamissyvyys ja hiontateho	48
5.2.5	Pituussyötön suuruus	48
5.2.6	Sisäänsyötön suuruus	48
5.2.7	Pinnanlaatu	49
5.3	Hiottavien telojen ominaisuudet	49
5.3.1	Runkomateriaali	49
5.3.2	Pinnoitemateriaali	49
5.3.3	Pinnoitteen kovuus ja sen mittaus	50
5.3.4	Taipuman poisto telasta ennen hiontaa	51
5.3.5	Telan taipuminen telahiomakoneessa	51
5.3.6	Telan tasapaino	51
5.3.7	Telan hiontavara	52
5.4	Yleisiä ohjeita telojen hiontaan	52
5.5	Hionnan optimoinnista	53
5.6	Telojen mittaaminen	53
5.6.1	Telojen mittaamisen vaatimukset	53
5.6.2	Teloista mitattavat suureet	54

5.7	Telahiontaprosessin kulku.....	54
5.7.1	Hiominen yksilaikkaisella telahiomakoneella.....	54
5.7.2	Hiominen kaksilaikkaisella telahiomakoneella.....	56
5.8	Työstöarvot	57
5.9	Yleisiä hionnan virheitä telapinnassa	57
5.9.1	Värinäjäljet	59
5.9.2	Naarmuuntuminen.....	60
5.9.3	Pituussyötön jäljet telassa.....	61
5.9.4	Timantoinnin jälkien välttäminen	61
5.9.5	Hiontahalkeilu	62
6	ERILAISTEN TELAPINNOITTEIDEN HIONTA.....	63
6.1	Polyuretaani- ja kumiseosteisten pinnoitteiden hionta.....	63
6.2	Kokillitelojen hionta	64
6.3	G-nauhapinnoitteen hionta.....	65
6.4	Kuitutelojen hionta.....	65
6.5	Toleranssiarvot hiottaville teloille.....	66
6.5.1	Yleiset toleranssiarvot.....	66
6.5.2	Kajaanin tehtaalla käytössä olevat suositustoleranssit.....	67
7	LÄPIMENOAIKA JA HIONTATEHOKKUUS	68
7.1	Läpimenoaika.....	68
7.1.1	PK2:lla hiottavien kuitutelojen läpimenoaika	68
7.1.2	PK4:llä hiottavien telojen läpimenoaika	70
7.2	Hiontatehokkuus	73
7.3	Hionta-aika	75
8	HIOMALAIKAN VALINTA	76
8.1	Yleistä	76
8.2	Perusteet.....	76
8.2.1	Hionta-aineen valinta	76
8.2.2	Karkeuden valinta	77
8.2.3	Kovuuden valinta.....	77
8.2.4	Rakenteen valinta	77
8.2.5	Sideaineen rakenne	78
8.3	Hiomalaikan valinta perusteet	78
8.4	Hiomalaikan valinta suositusten perusteella	78
8.5	Hiomalaikkasuosituksia erilaisille telatyypeille.....	79
8.6	Hiomalaikkasuositukset.....	79
8.7	Hiomalaikan valintataulukko	79
8.7.1	Sideaineen valinnasta.....	80
9	YHTEENVETO	81
9.1	Hiomalaikan valinta	81
9.2	Työstöarvot	81
9.3	Läpimenoajat.....	82
9.4	Tehokkuus.....	82

1 JOHDANTO

Työssä käsitellään hiomakivityyppien valintaa paperikoneen telojen hiontaan. Telahionnan laatuvaatimukset ovat kasvaneet paperikoneiden nopeuden kasvamisen myötä. Myös erilaisten paperilaatujen kehittymisen seurauksena on telojen pintojen oltava entistä parempia. Nykyään telahionnassa vaaditaan tarkkoja muoto- ja pinnankarheustoleransseja. Telahionnassa telan tarkalla halkaisijan nimellimitalla ei ole telojen toiminnan kannalta suurta merkitystä, vaan tärkeimpiä vaatimuksia ovat muototarkkuudet, joita käsitellään myöhemmin tässä työssä.

Telahiomakoneiden ohjaus- ja mittatarkkuuksien parantuminen sekä telojen muotojen suurentuneen mittaustarkkuuden parantuminen mahdollistaa yhä tiukempien vaatimusten toteutumisen telojen hiomisessa. Tämän vuoksi on mahdollista tehdä yhä tarkempia telahiontoja, mikä lisää myös hiomakivien ja hionnan vaatimuksia. Oman vaatimuksensa telojen hiontaan tuo myös telojen pituudet ja se, että osa hiottavista teloista on ohutseinäisiä. Tämän vuoksi kyseiset telat ovat herkkiä taipumaan ja värähtelemään. Lisäksi teloihin on kehitelty uusia, kestävämpiä ja paremmin toimivia pinnoitteita, joiden hiontavaatimukset ovat myös tiukentuneet.

Työn tavoitteena on määrittellä UPM-Kymmene Oyj:n Kajaanin tehtaalla käytössä olevat telapinnoitteet kaikilta kolmelta paperikoneelta ja selvittää tehtaalla käytössä olevien hiomakivien käyttökohteet telapinnoite- ja telakohtaisesti. Näiden tietojen sekä teoretiedon perusteella selvitetään, millaisia erilaisia hiomakivityyppejä tulisi käyttää erilaisille telapinnoitteille. Työssä selvitetään myös telahiomisen hionta-arvoja, läpimenoaikoja ja tehokkuutta.

Työn tuloksena saadaan kartoitettua erilaisille telapinnoitteille sopivat hiomakivet, joiden avulla hiomisprosessi saadaan onnistumaan halutulla tavalla siten, että telahionnassa saavutetaan sille asetetut vaatimukset. Hiomakivikartoituksen avulla saadaan myös tulevaisuutta ajatellen koottua telahiojan ammattitaidon tuoman kokemuksen hyöty tulevien telahiojien käytettäväksi

telojen hiomakivivalinnassa. Kartoituksen avulla voidaan valita erilaisten telapinnoitteiden hiontaan sopiva hiomakivi tai tilata kyseinen hiomakivi maahantuojalta tai jälleenmyyjältä kaupanimen mukaan.

Kajaanin tehdas

Kajaanin tehdas kuuluu UPM-Kymmene Paperiteollisuuden sanomalehtipaperit (Newsprint division) -toimialaan. Kajaanin tehdas käsittää rankalan, kuorimon, puuhiomon, painehiomon ja kaksi kuumahiertämää, biologisen puhdistamon, vesilaitoksen, kolme paperikonetta jälkikäsitteilylaitteineen, pakkaamon ja paperivaraston. Paperikoneiden yhteenlaskettu tuotantokyky on 605 000 tonnia vuodessa. Massanvalmistuslinjojen kapasiteetit ovat: hiomo 300 tonnia, painehiomo 350 tonnia, TMP1 270 tonnia ja TMP2 750 tonnia vuorokaudessa. Valmistettavat tuotteet ovat SC-aikakauslehtipaperi, sanomalehtipaperi ja kirja-paperi. Tuotannosta 85 % menee vientiin ja päämarkkinat ovat Länsi-Euroopassa, jonne viedään noin 60 % tuotannosta. Paperi myydään konsernin oman myyntiorganisaation välityksellä. Paperin pääraaka-aineiden hiokkeen ja hierteen valmistukseen käytetään kuusipuuta vuosittain 1,4 miljoonaa kuutiometriä. Puun hankinnasta vastaa UPM-Kymmene Metsä. Kemiallisen massan tarve on noin 40 000 tonnia ja kaoliinia käytetään runsaat 40 000 tonnia vuodessa. Tehtaan sähkön kulutus on noin 1 500 GWh ja höyryn kulutus on noin 570 GWh vuodessa. Tehtaan liikevaihto on noin 320 miljoonaa euroa vuodessa ja henkilöstön määrä on noin 800.

2 TELAHIOMAKONEET

2.1 Yleistä

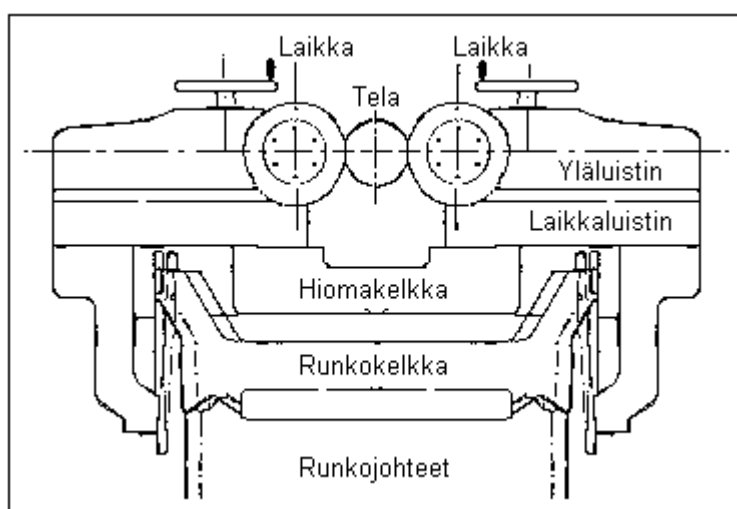
Paperikoneen telojen hionnassa käytettävät telahiomakoneet ovat suuria koneyksiköitä. Niiden vaatima tilantarve on noin 52 – 130 m³ ja paino on 50 – 130 tonnia. Hionnan onnistumisen kannalta on tärkeää, että hiomakone on asennettu oikein mitoitetun erillisen raskaan betoniperustuksen päälle, joka on eristetty rakennuksen ja ympäristön värähtelyistä jousilla. Betoniperustuksen paino määräytyy päälle tulevan painon mukaan, jonka tulisi olla noin 10 % betoniperustuksen painosta. Koneen painaessa noin 20 tonnia ja painavimman telan painaessa 60 tonnia tulisi betoniperustuksen painaa noin 800 tonnia. Hiomakoneeseen liittyy tämän lisäksi vielä suurehko jäähdytysnestejärjestelmä saostusaltainen. [1, 2]

Telahiomakoneen pääosat ovat johderunko telan kiinnittämistä varten, erilliset johteet hiomakelkkaa varten, karalaatikko käyttökoneistoineen, työkappaleen kannatuskelkat ja tukipylkät, kärkipylkkä sekä varsinainen hiomakelkka hiomalaikan käyttöineen ja syöttöluisteineen. Hiomalaikan ja työkappaleen pyörimisnopeuksia sekä hiomakelkan liikenopeutta tulee pystyä säätämään portaattomasti. Telahiomakoneissa on myös oltava mahdollisuus muuttaa pyörimissuuntaa ja sorvauskäytön vuoksi tulee myös olla mahdollisuus nostaa työkappaleen nopeus sorvaukselle sopivaksi. [1, 2]

2.2 Hiomakonetyypit

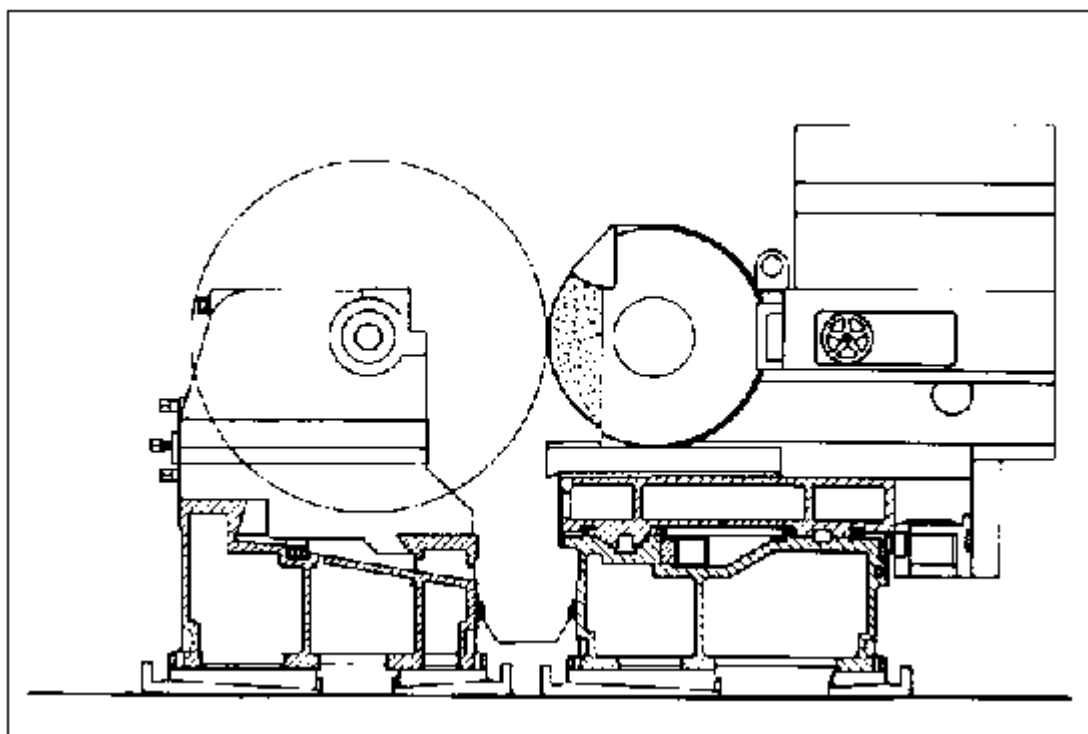
Hiomakonetyyppejä on olemassa kahta eri tyyppiä, jotka eroavat toisistaan rakenteen mukaan kaksilaikkaisiin koneisiin ja yksilaikkaisiin koneisiin. Hiontatapahtumana yksilaikkaisella hiomakoneella hionta on pyöröhiontaa ja kaksilaikkaisella pyörtöhiontaa. Näistä kaksilaikkaiset koneet ovat harvinaisempia. Niissä hiomakivet ovat sijoitettuna työkappaleen molemmille puolille samaan hiomakelkkaan (kuva 1). Kaksilaikkaisella hiomakoneella hiottaessa hiomakelkan yläosa voidaan vapauttaa runkokelkasta, jolloin varsinainen kelkan runkojohde ei ohjaa kappaletta, vaan itse työkappale ohjaa

hionnan kulkua. Telojen oikaisu- ja rouhintahionta tapahtuu lukitsemalla kelkka kiinteäksi, jolloin ohjaus tulee runkojohteilta. Viimeistelyhionta tapahtuu liikkuvaksi vapautetulla kelkalla laikkojen ja työkappaleen välisen hiontapaineen ohjaamana. Kaksilaikkaisella koneella hiomalla pyritään saamaan tarkan hiomalaikkaetäisyyden ansiosta telasta suora ilman kartiomaisuusvirhettä. Myöskään työkappaleen asemointitarkkuuden ei tarvitse olla kovin suuri hiomakelkan johteisiin nähden ja hiottaessa kahdelta puolelta vältytään myös telaa taivuttavalta kuormalta. Lisäksi kahdella hiomalaikalla on pyritty saamaan tehokkaampi hionta. [1, 2]



Kuva 1. Kaksilaikkainen telahiomakone [2]

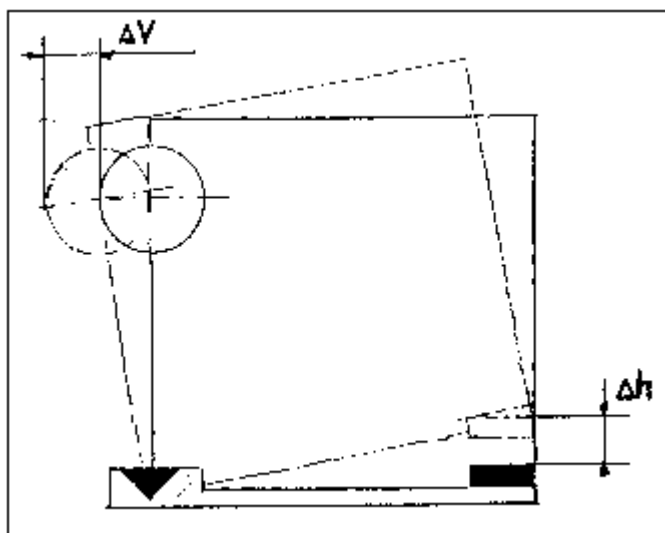
Yksilaikkaisen telahiomakoneen (kuva 2) runkojohteet ohjaavat hiomalaikan kulkua kiinteästi ja määräävät hiomalaikan radan hiottavaan telaan nähden. Tämä asettaa johteiden suoruudelle ja yhdensuuntaisuudelle erittäin suuret vaatimukset. Myös tela on asetettava tarkasti samansuuntaisesti hiomakelkan kulun mukaan. Joissakin tapauksissa telalle joudutaan laittamaan tukipyylät sekä mahdollisesti tukilaakeri keskelle telaa toispuoleisen hiomapaineen vuoksi. [1, 2]



Kuva 2. Kaksilaikkainen telahiomakone [1]

2.3 Rungot ja johteet

Telahiomakoneessa on oltava riittävän jäykkä kaksoisrunko. Johteiden tulisi olla suoria ja keskenään yhdensuuntaisia. Johteissa olevat pienet pystysuuntaiset poikkeamat eivät ole ratkaisevia, mutta poikittaissuuntaiset virheet hiomakelkan johteissa aiheuttavat kaksinkertaisen virheen telan halkaisijaan nähden. Hiomakelkan johteiden keskinäinen korkeusero Δh aiheuttaa hiomakelkan kallistumisen kuvan 3 mukaan. Tämä kallistuminen aiheuttaa poikittaissuuntaista virhettä ΔV . Nykyään käytössä olevissa ja uusissa telahiomakoneissa voidaan johteiden virheet kompensoida automatiikan avulla. Johteiden virheet huomioidaan hiomalaikan radassa siten, että virheet kompensoituvat. Vanhoissa telahiomakoneissa virheet on jouduttu kompensoimaan manuaalisesti katsomalla virheen paikka ja suuruus, jotka on huomioitu hiomalaikan sisäänsyötöllä kyseisessä kohdassa. Kyseinen toimenpide lisää hioma-aikaa, jolloin säännöllinen johteiden oikaisu auttaa pitämään hioma-ajan lyhyenä. Johteiden säännöllisellä oikaisulla estetään myös pysyvien kulumisjälkien synty johteisiin. [1, 2]



Kuva 3. Korkeuseron aiheuttama poikkisuuntainen virhe [2]

2.4 Rungon staattinen jäykkyys

Työstökoneen suorituskyvyn kannalta staattisella jäykkyydellä on merkittävä osuus. Liian alhainen ominaisjäykkyys ilmenee työstön aikana värähtelyinä ja taipumina. Staattisen jäykkyyden mittana on voima, joka saa tarkasteltavan kohdan siirtymään $1\mu\text{m}$. Pyöröhiomakoneen rungon ominaisjäykkyyden tulee olla $0.4\text{ N}/\mu\text{m}$ laikan leveyden millimetriä kohden, kuitenkin vähintään 10 N . Esimerkiksi 70 mm leveälle hiomalaikalle 28 N voima aiheuttaa enintään $1\mu\text{m}$ siirtymän tarkasteltavaan kohtaan. Mittaus tapahtuu yleensä kohtisuoraan vaakatasossa normaalivoiman suuntaan työkappaleesta nähdessä. Mittauksen kohteita ovat : työkappaleen johteet, hiomakelkan johteet, poikkiluistin välinen jäykkyys ja hiomalaikan kara. [2, s. 7]

2.5 Rungon dynaaminen jäykkyys

Rungon dynaamiset muodonmuutokset syntyvät ajan kanssa muuttuvien voimien ja momenttien vaikutuksesta. Lastuavassa työssä esiintyy erilaisia värähtelyitä, jotka voidaan erottaa neljään eri luokkaan: 1) Vapaa värähtely esimerkiksi iskumaisen kuormituksen aiheuttama vaimeneva värähtely, 2) pakkovärähtely, jonka voimat syntyvät lastuamisesta 3) pakkovärähtely, joka aiheutuu yleensä jostain muusta kuin lastuamisvoimista esim. epätasapainosta, 4) itseherätteiset värähtelyt. Näistä itseherätteen värähtely on vaikeimmin

poistettavissa ja se rajoittaa eniten työstökoneen toimintaa. Vapaa- ja pakkovärähtely voidaan usein eliminoida poistamalla tai eristämällä värähtelylähteet. Näitä värähtelylähteitä voivat olla muun muassa imuri, käyttö, epätasapaino tai laakerivika. [2, s. 8]

2.6 Hiomakoneen perustus ja joustoasennus

Telahiomakoneet luokitellaan pitkärunkoisina joustavarunkoisiksi. Koska telahiomakonetta ei voida asentaa pelkän ohuen betonilaatan tai erillisten asennuspilareiden varaan, täytyy asennusalustana käyttää aina järeää kaikkiin suuntiin jäykkää teräsbetonilohkoa, joka eristetään ympäristön värähtelyistä jousin. Jousivakio mitoitetaan hiomakoneen ja perustuksen massoihin suhteuttaen siten, että rakennuksessa olevat tärinälähteet vaimenevat riittävästi, eivätkä aiheuta häiriötä hiontaprosessiin. Tällä tavoin syntynyt hiomakoneen ja perustuksen jousitettu ominaistajuus viritetään mahdollisimman alas käyttäen metallikierukkajousia, joissa ei ole suurta vaimennusta. Paperitehtaiden perustuksista on mitattu alhaisia 3 - 5 Hz:n taajuuksia, joten ominaistajuus tulisi saada alla 2,5 Hz:n, jolloin vaimennus toimisi hyvin. ”VDI suosittelee koneen ja betonialustan muodostaman rakenteen ominaistajuudeksi 3,5 Hz, jolloin jo 10 Hz:n häiriötaajuuudet vaimenevat 86%” [1, s. 1181]. [1]

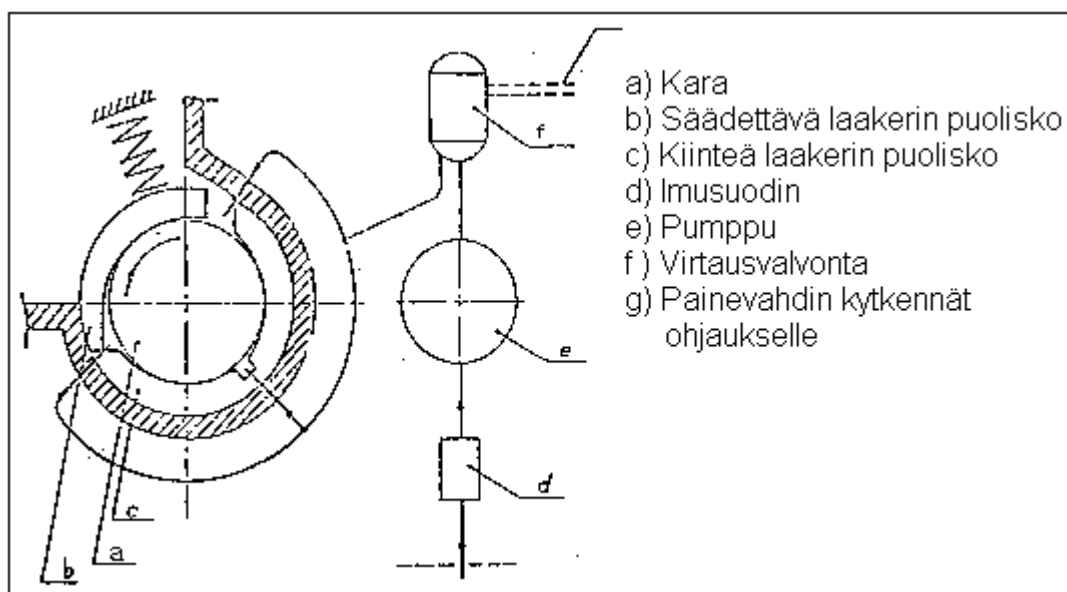
Hiomakoneen asennus teräsbetonilaattaan suoritetaan säädettävien kiilakenkien avulla. Kiilakenkien avulla on mahdollista oikaista hiomakoneen runkojohteet suurella tarkkuudella. Kiilakengät valetaan betoniin alaosaan jälkivalulla. Yläosa ja koneenrunko jäävät valun ulkopuolelle. Tämä mahdollistaa myös myöhemmin tapahtuvan hiomakoneen johteiden oikaisun. Koneen ja rungon välinen rako tiivistetään joustavalla massalla. [1, s.1182]

Hiomakoneen asennuspaikaksi paperitehtaasta valitaan mahdollisimman tasalämpöinen halli, johon on myös oltava hyvät yhteydet paperikoneen, telavaraston ja nostolaitteiden välillä. Hiomakoneen sijoituspaikan ympäristön tulee olla myös tasalämpöistä, myös perustuksen osalta. [1, s.1182]

2.7 Hiomakaran toiminta ja hiomalaikan laakerointi

Hiomalaikan säteissyöttöä voidaan tehdä automaattisesti kelkan liikkeen toisessa tai molemmissa päissä. Lisäksi hiomakoneissa on käytössä hiomalaikan jatkuva hyvin pieni säteissyöttö, jolla kompensoidaan hiomalaikan kulumisen. Hiomalaikan kulumista voidaan tarkkailla hiomapaineen vähentymisellä. Hiomalaikan kuormitusta tarkkaillaan karamoottorin virrankulutuksen mukaan. Hiomalaikan säteissyöttö valitaan siten, että virrankulutus karamoottorissa pysyy vakiona. [1, s.1173]

Hiomalaikan laakeroinnista riippuu oleellisesti hiotun pinnan viimeistelytulos. Hiotussa pinnassa olevat värinäjäljet, shakkilautakuviot ja hiomaraidat johtuvat usein huonosti asennetusta tai viallisesta laikan laakerista. Hiomakoneen karalaakerointi on hiomakoneen tärkeimpiä kohteita (kuva 4). Laakerointeja on olemassa hydrostaattisia ja öljynpaineen mukaan asettuvia hydrodynaamisia rakenteita. Kummakin laakerin toimintaperiaatteena on, että karan pyöriminen tapahtuu öljykalvon varassa. Nykyään hiomakoneissa käytetään lähes poikkeuksetta hydrodynaamista liukulaakeria. Öljykalvon paksuuden eli laakerivällyksen oikein säätäminen on hiontatuloksen kannalta erittäin tärkeää. Laakerin säteisvällyksen säätö on tehtävä erittäin tarkasti, jolloin välly on kylmänä 0,03 – 0,07 mm ja käyntilämpötilassa 0,010 – 0,015 mm. Hiontapintaan tulevat värinän jäljet ja hiomaraidat syntyvät väärin asennetusta karalaakerista. Karalaakerin voitelu on varmistettu niin, ettei karan käynnistäminen onnistu ennen kuin öljypumppu on saanut aikaan riittävän paineen (0,5 – 1 bar). Tällöin akselin pyöriminen tapahtuu aina öljykalvon varassa. Hiomakaran käyttö tapahtuu kiilahihnavälityksen avulla, jolloin hiomakaraan ei siirry värähtelyjä karan käyttökoneistolta. Tällä vältetään muun muassa hammasratasvälityksen värähtelystä aiheutuvia kuvioita telan pintaan. [1, 2, 3]



Kuva 4. Hiomakaran laakerointi [2]

2.8 Bombeeraushiontalaitteisto

Bombeerauksella tarkoitetaan telan hiomista päistä ohuemmaksi kuin keskeltä, jolloin telan muoto on hieman tynnyrimäinen sivusta katsottaessa. Eli telan halkaisija lähtee kasvamaan telan päästä telan keskikohtaa kohti, josta se taas ohenee telan toiseen päähän samaan halkaisijamittaan kuin toinenkin telanpää. Negatiivinen bombeeraus tarkoittaa telan hiomista keskeltä ohuemmaksi kuin päistä.

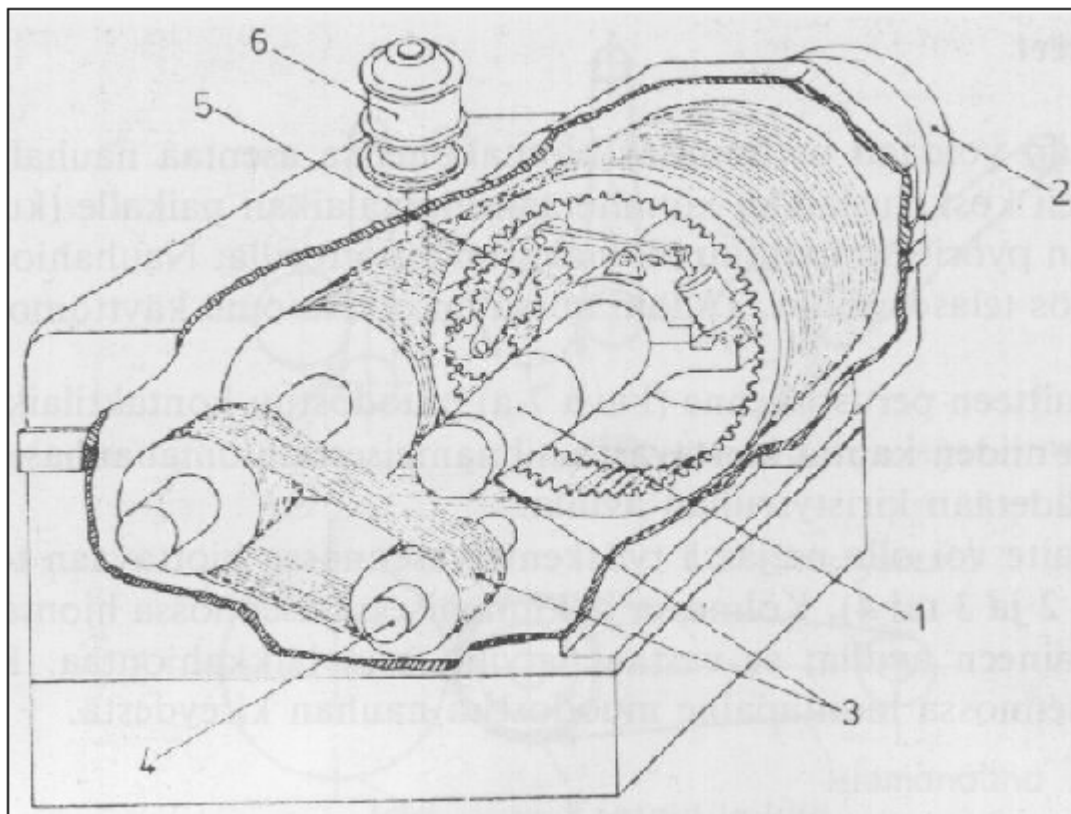
Bombeerauksesta käytetään myös nimitystä mykevointi. Bombeeraushionta tapahtuu säätämällä säteittäistä hiomaliikettä hienosäätöisen syöttöliikkeen avulla. Tämä syöttöliike tapahtuu erillään muista säteittäissyötön liikkeistä. Hienosäätöistä syöttöliikettä ohjataan nykyisin CNC-ohjauksella, mutta vanhoissa hiomakoneissa tämä liike saatiin aikaan erillisen välityspyörästä tai mallineviivaimen avulla. Nykyään teloihin ei tehdä bombeerausta niin usein kuin ennen kehittyneen telatekniikan johdosta. Käytössä olevat taipuma-kompensoidut telat poistavat telojen taipumisesta johtuvaa bombeeraustarvetta. [1]

2.9 Telasorvaus

Telahiomakoneet ovat yleensä varustettuja myös mahdolliselle sorvauskäytölle. Varsinaisia telasorveja käytetään rouhintatyöstöön ja nauhahiontaan keveille teloille. [1]

2.10 Työkappaleen käyttö

Telahiomakoneissa oleva karalaatikko (kuva 5) sisältää työkappaleen pyörittämistä varten olevan käyttökaran, kiilahihnavälityskoneiston sekä pääkäyttömoottorin, alkukäynnistyslaitteiston ja muita oheislaitteita. Käytönmoottorina on säädettävä tasavirtamoottori. Voimansiirto käyttökaralle täytyy tehdä kiilahihnojen avulla, ettei työkappaleeseen tulisi värähtelyjä ja nykimisiä. Telojen sorvauskäytölle ja planeettavaihteisille teloille täytyy käyttökaran pyörimissuuntaa pystyä muuttamaan. Myös nopeusalueen täytyy olla kattava sorvauskäytölle. Alkukäynnistyslaitteisto auttaa työkappaleen pyörimisen käynnistämistä etenkin raskailla työkappaleilla. [1, 2]



Kuva 5. Karalaatikko [1]

2.11 Telojen kannatus hionnassa

Onnistuneen hiontatuloksen kannalta on tärkeää, että hiottava tela tuetaan sen laakereiden kohdalta. Kärkien varassa tehtävä hionta ei ole suositeltavaa, koska hiomakoneen karan keskinäiset pyörintätarkkuudet eivät ole riittäviä ja telat ovat yleensä raskaita. Yleensä telojen hionta tapahtuu telan omien laakeripesien varassa. Teloja voidaan hioa myös akselitappien varassa vierintälaakereiden kohdalta, jota käytetään yleensä telojen valmistuksen yhteydessä ja pinnoituksissa. Telanhionta sen omilla laakereillaan vaatii, että telan vierintälaakerit ovat kunnossa ja välykset ovat säädetyt asian mukaisesti. Myös lämpölaajenemisvara on huomioitu. Omilla laakereilla tehtävässä hionnassa hionnan tarkkuus kärsii hieman johtuen laakeroinnin omasta sisäisestä epätarkkuudesta ja välyksistä. Nykyisin hionnassa laakereista johtuva pyörimisvirhe voidaan kompensoida pois 3D-mittaukseen perustuvan CNC-ohjauksen ja ohjausjärjestelmän avulla. [1, 2, 4]

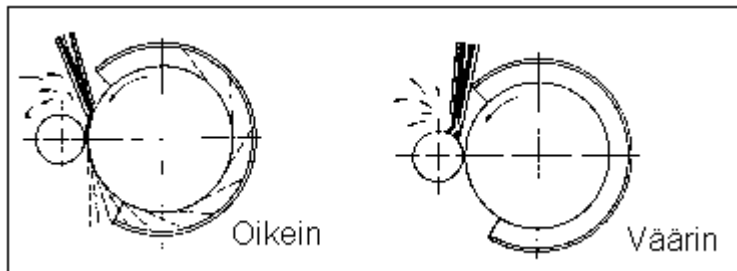
2.12 Lastuamisnestejärjestelmä

Lastuamisnesteeseen tehtävänä hiontaprosessissa on lämmön poisjohtaminen, hiontajätteen poisto, voitelu, korroosion esto ja lastuamisen tehostaminen. Lastuamisneste auttaa pitämään myös työkappaleen ja hiomalaikan puhtaana. Hiontanesteen käyttäminen hionnassa ei juurikaan vähennä lämmön paikallista syntymistä, vaan lämpö kuljetetaan hiomanesteen avulla pois, jolloin myös mittatarkkuus saadaan pysymään hyvänä. [1, 2, 3]

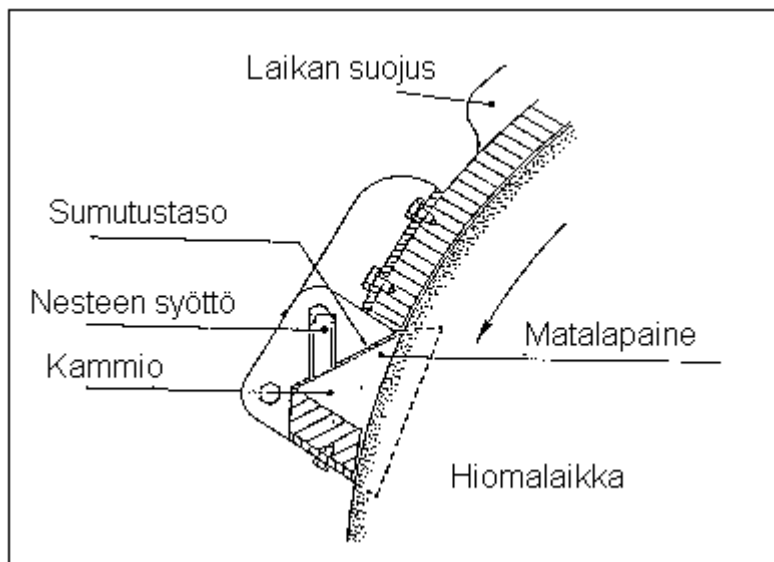
Lastuamisnestettä käytetään yleisesti lähes kaikissa paperikoneen telojen hionnoissa, paitsi useimmat kumipinnoitteiset telat tulisi hioa kuivana, jolloin saataisiin parempi aineenpoistokyky. Kuivana hiottaessa telahionnassa aiheuttaa ongelmia runsaasti irtoava hiomapöly, joka voi olla vaarallista terveydelle. Tämän vuoksi kumipinnoitteisia teloja ei yleensä hiota kuivina ilman tehokasta hiomapölyn poistoa ja tuuletusta. Telahionnassa käytetään vesipohjaisia lastuamisnesteitä, joihin seostetaan haluttujen ominaisuuksien saamiseksi emulsioita, kemiallisia nesteitä ja öljyjä. Yleensä telahionnassa käytetään lastuamisnesteinä vain raakavettä, mutta ruostuville telatyypeille käytetään seostettuja lastuamisnesteitä. Yksi yleisesti käytössä olevista lisäaineista on ruokasooda, jota käytetään ainoana lisäaineena raakavedessä ruostuvia teloja hiottaessa. [1, 2, 3, 4]

Telahionnassa käytettävän lastuamisnestesuihkun leveyden tulee olla vähintään hiomalaikan leveyden suuruinen. Lastuamisnesteeseen määrä määräytyy hiomalaikan leveyteen nähden siten, että jokaista hiomalaikan leveyden senttimetriä kohden nestevirtauksen tulee olla 10 l/min tai jokaista karan kW:a kohden 12 l/min. Lastuamisnestesuihku tulee suunnata pyöröhionnassa kuvan 6 mukaisesti. Hionnassa syntyy joskus laikan ja telan väliin ilmatyyny, joka estää lastuamisnesteeseen tehokkaan pääsyn kontaktikohtaan. Tätä voidaan parantaa sumuttamalla lastuamisneste kuvan 7 mukaisella järjestelyllä. Lastuamisnesteelle täytyy olla hiomakoneessa riittävän suuri säiliö, jonka tilavuus on vähintään 2,5 kertaa virtausmäärä tunnissa, jolloin lastuamisneste ei lämpene liikaa hionnan aikana. Yleensä lastuamisnestesäiliön koko on noin 6 – 10 m³. Lastuamisneste esilämmitetään huoneenlämpöiseksi

ennen hiontakohtaan tuloa, jolloin lämpötilaerojen syntyminen jää pienemmäksi. Tämä edesauttaa hionnan tarkkuuden pysymistä hyvänä. [1, 2, 4]



Kuva 6. Lastuamismesteesuihkun suuntaus [2]



Kuva 7. Lastuamismesteen sumutus [2]

Lastuamismesteen käytön merkitys kasvaa vaikeasti lastuttavilla aineilla, kun taas helposti lastuttavilla aineilla lastut kuljettavat pois syntyntä lämpöä. Hiottava tela lämpiää sitä enemmän, mitä hitaammin se kulkee hiomalaikan kosketuskohdan ohitse. Pienillä telan kehänopeuksilla telaan ehtii virrata enemmän lämpöä ennen lastuamismesteen jäädyttävää vaikutusta kuin suuremmilla kehänopeuksilla. Hiomalaikan lastuamissyvyyden ollessa suuri kasvaa myös hiomalaikan työstävä pinta-ala, josta seuraa lämmön syntymis- ja siirtymispinta-alan kasvu. Hiontatehon kasvattaminen lisää myös jäähdtyksen ja hiontajätteiden poiskuljettamisen tarvetta. [2]

3 KAJAANIN TEHTAAN TELAHIOMAKONEET

3.1 Kajaanin PK2:n telahiomakone

Kajaanin paperitehtaan paperikone 2:n telahiomossa käytössä oleva hiomakone on Farrel Giustina (kuva 8). Kyseistä telahiomakonetta käytetään eniten paperikone 2:n superkalanterin kuitutelojen hiontaan. Kyseisellä hiomakoneella on mahdollista hioa myös muita teloja. Hiomakoneessa hiottavan telan maksimihalkaisija on 1300 mm ja hiottavan telan enimmäispaino 50 tonnia. Tälle telahiomakoneelle ei tehdä tarkkaa tarkastelua, koska suurin osa Kajaanin tehtaan teloista hiotaan PK 4:n telahiomakoneella. [5]



Kuva 8. PK2:n telahiomakone

3.1.1 Perustus

PK 2:n telahiomakone käyttömoottoreineen on asennettu noin 500 tonnia painavalle teräsbetonilohkelle, joka on eristetty ympäristöstään jousilla.

Kyseinen teräsbetonilohko on mitoitettu siten, että sen päälle tuleva paino on noin 10 % teräsbetonilohkon painosta. Teräsbetonilohko pidetään tasalämpöisenä ilmastoinnin avulla. [5]

Karalaakerointi

Telahiomakoneessa käytössä olevat karalaakeroinnit ovat normaalit liuku-laakerit. [5]

3.1.2 Telan kannatus ja käyttö

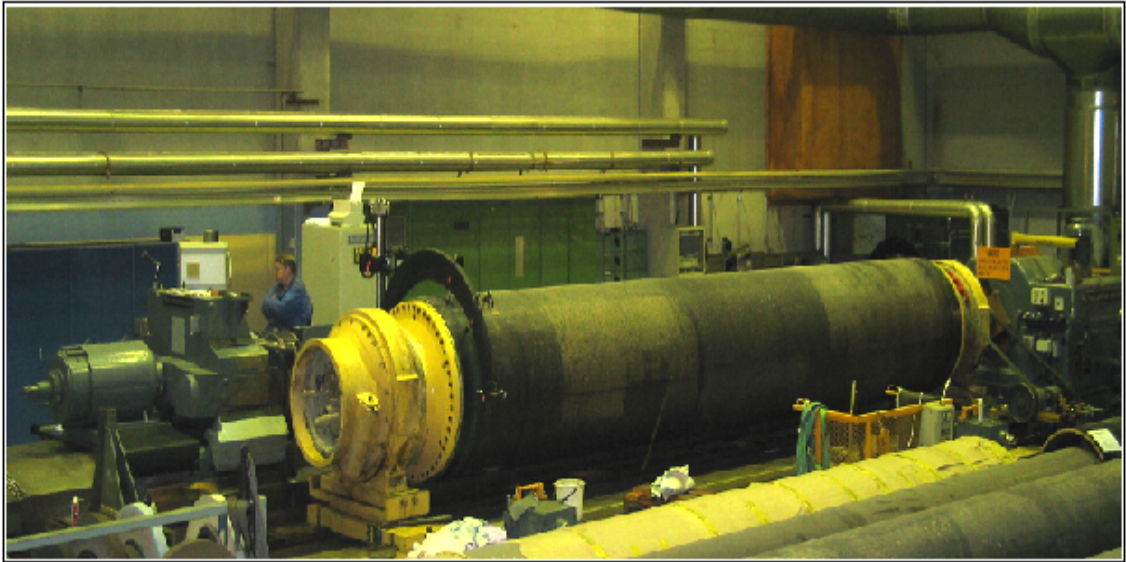
Hiottava tela kiinnitetään hiomakelkan johteilla oleville kannatuskelkoille. Telaar ei yleensä tarvitse erikseen mekaanisesti kiinnittää, vaan se pysyy painonsa ansiosta paikoillaan. Telan käyttö saadaan erilliseltä käyttökoneistolta, jossa on vaihdelaatikko ja sähkömoottori. Teho siirretään telaan erillisellä käyttöakselilla, jossa on joustava kytkinkumi. [5]

3.1.3 Lastuamisnestejärjestelmä

Lastuamisnesteinä käytetään puhdasta huoneenlämpöiseksi esilämmitettyä vettä. Tarvittaessa lastuamisnesteeseen lisätään ruokasoodaa ruostumisen estämiseksi. Telahiomakoneessa on 9 m³ ja 5 m³ lastuamisnestealtaat. Pienempää lastuamisnesteallasta käytetään saostusaltaana, josta lastuamisneste pumpataan isompaan käyttöaltaaseen kangassuodattimen läpi. [5]

3.2 Kajaanin PK4:n telahiomakone

Kajaanin paperikone 4:n telahiomossa käytössä oleva hiomakone on Waldrich siegen WST IV H 80 x 12500 (kuva 9). Koneen valmistusvuosi on 1981. Telahiomakone on tarkoitettu kaikenlaisten paperiteollisuuden telojen hiomiseen. Hiottavan telan paino enimmillään 80 tonnia. [6]



Kuva 9. PK4:n telahiomakone

3.2.1 Koneen tekniset tiedot

Seuraavassa taulukossa 1 on esitetty PK4:n telahiomakoneen tekniset tiedot. Taulukko on jaettu telahiomakoneen eri osien mukaan neljään eri kappaleeseen.

Taulukko 1. Waldrich Siegen –telahiomakoneen tekniset tiedot [6]

Päämitat

Koneen pituus	19100	mm
Koneen Leveys	5450	mm
Koneen korkeus	2200	mm
Kärkiväli	12500	mm
Suurin telan paino tukipylkissä	80 000	kg
Suurin hiottavissa olevan telan halkaisija Hiomalaikan halkaisijalla 800 mm	2000	mm
Pienin hiottavissa olevan telan halkaisija Hiomalaikan halkaisijalla 800 mm	0	mm

Hiomasupportti

Hiomakaran pyörimisnopeus	450-1800	r/min
Lastuamisnopeus	45	m/s
Pitkittäisliike, pääkelkka	12800	mm
Syöttö, portaattomasti säädettävä	1,2-60 / 60-4000	mm/min
Poikittaisliike, hiomakarapylkkä	600	mm
Pikaliike poikittain	400	mm/min
Syöttö päissä	0,0056-0,056	mm/isku
Jatkuva syöttö	0,00375-1,125	mm/min
Siirto käsin: karkea	0,1	mm/kierros
Hieno	0,025	mm/kierros
Hiomalaikan mitat:		
Halkaisija	800	mm
Leveys	80	mm
Reiän halkaisija	304,8	mm

Karapylkkä

Siirtomatka, poikittain	600	mm
Tasolaikan pyörimisnopeusalue	3-30 / 30-300	r/min
Keskiökärjen kärkikulma	60	astetta
Lukitus karapylkän alustalle	Jousikiinnityssylinterillä Irrotus hydraulisesti	

Käyttömootorit

Karapylkkä, tasolaikan käyttö		
Tasavirta-säätömootorin tyyppi	MJF 4670/21 Q	
Käyttöteho	9-36 / 36	kW
Pyörimisnopeus	180-720-1800	r/min
Hiomakelkan käyttö		
Tasavirta-säätömootorin tyyppi	MO 3236/2	
Käyttöteho	4	kW
Pyörimisnopeus	12-1600	r/min
Hiomalaikan käyttö		
Tasavirta-säätömootorin tyyppi	MO 5864/1	
Käyttöteho	20-40/40	kW
Pyörimisnopeus	550-1100/2200	r/min
Jatkuva syöttö ja syöttö päissä		
Tasavirta-kiekkoroottorimootorin tyyppi	MA 17 H	
Käyttöteho	0,5 (kun 3000 r/min)	kW
Pyörimisnopeus	5-3333	r/min
Pikasiirto		
3-vaihevaihtovirta-jarrumootorin tyyppi	KOD 648 ma	
Käyttöteho (40%:n kytkentäkestolla)	1,1	kW
Pyörimisnopeus	1400	r/min

3.2.2 Perustus

Telahiomakoneen perustan muodostaa noin 900 tonnia painava teräsbetoni-lohko, joka on asennettu bitumitäytteisten jousipakkojen varaan. Kyseisen teräsbetoni-lohkon paino ja koko on mitoitettu siten, että teräsbetoni-lohkon päälle tuleva paino työkappaleineen on noin 10 % teräsbetoni-lohkon painosta. [4]

3.2.3 Karalaakerointi

Telahiomakoneessa hiomakaran laakerointi on hydrostaattinen. Laakerissa on eripuolilla kehää säädettäviä pillejä, joilla voidaan säätää öljynpainetta laakerin eripuolilla. Paineet ovat säädetyt siten, että laakerin takaosassa, mihin

kohdistuu suurin voima työstöstä, on suurin paine. Tehonsiirto karalaakerille tapahtuu neljän kiilahihnan välityksellä. [4]

3.2.4 Telan kannatus ja käyttö

Hiottava tela kiinnitetään hiomakelkasta erilliselle johteille omien laakerien varaan ja linjataan koneen suuntaiseksi. Telan käyttö saadaan alkukäynnistyslaitteistolla varustetulta karalaatikolta, josta teho siirretään käytöisille teloille kardaaniakselin välityksellä. Käyttömille teloille teho siirretään erillisen kytkinholkin tai kiilahihnapyörän välityksellä riippuen telasta. [4]

3.2.5 Lastuamisnestejärjestelmä

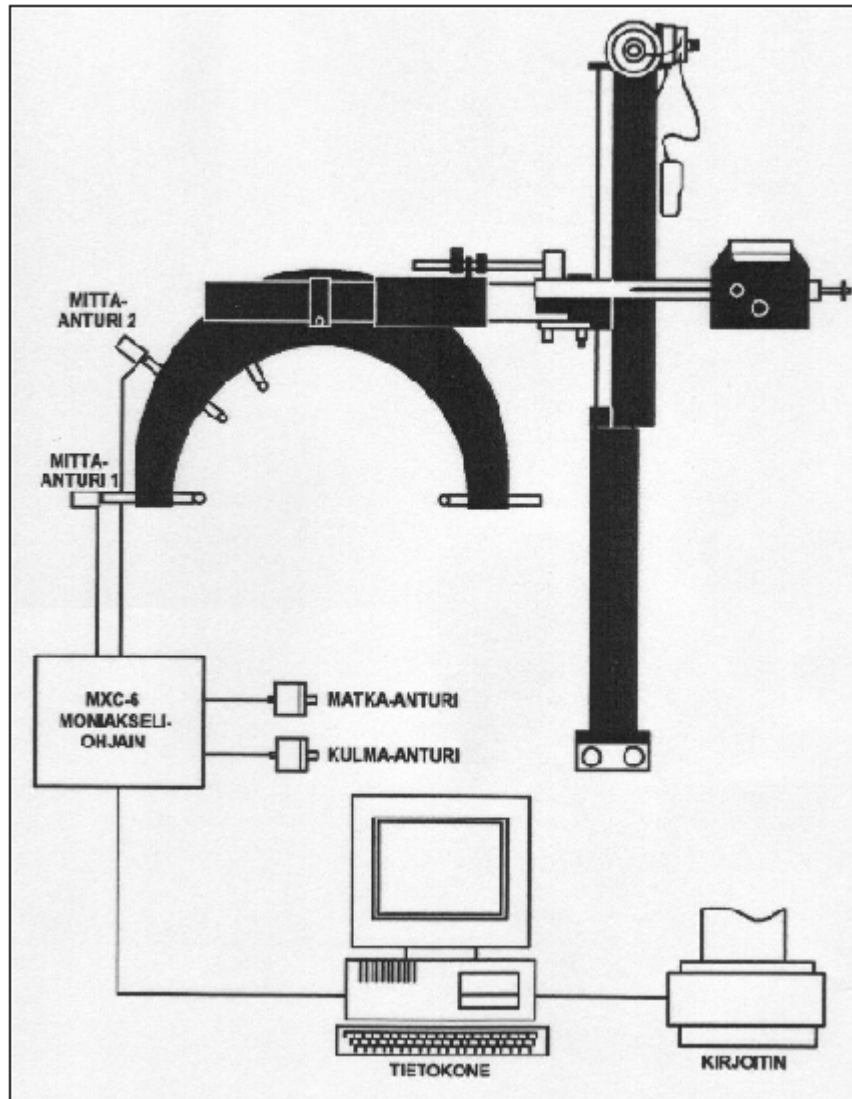
Telahiomakoneessa on noin 8 m³ lastuamisnesteallas. Telahiomakoneella tehtävissä telahionnoissa lastuamisnesteeseen ruostumista estävänä lisäaineena käytetään kalsinoitua soodaa eli ruokasoodaa. Altaaseen menevä lastuamisneste suodatetaan kangasmatolla ja ferriitti-erottimella. Myös pumpattava lastuamisneste on mahdollista suodattaa, mutta tätä ei ole katsottu tarpeelliseksi. [4]

3.2.6 RollCal2 –telojenmittausjärjestelmä

Yleistä

RollCal2 –monipistetelamittalaite on kehitetty auttamaan paperikoneiden telojen valmistajia ja hiojia telojen huoltotehtävissä. RollCal2 antaa erittäin tarkan tiedon mittavan telan muodosta. RollCal2 –järjestelmän mittatarkkuus on 1 µm. Kyseisellä laitteistolla saadaan mitattavasta telan muodoista ja pinnasta 3D-malli, jonka avulla tela voidaan hioa tarkasti haluttuihin muotoihin ja mittoihin. [7]

RollCal2:n pääosat ovat mekaaninen runko ja tietokone. Rungon osat ovat tukipilari nostomoottoreineen, vaakaluisti sekä kiinnitettävä hiilikuitumittakaari, johon asennetaan tuki- ja mittakärjet. Kuvassa 10 esitetty RollCal2 telamittalaitteisto. [7]



Kuva 10. RollCall2 – monipistetelamittalaite [7]

3.2.7 RollControl –Ohjaus ja bombeeraus käyttö

RollControl on integroitu telanmittaus ja –hionnanohjausjärjestelmä. CNC–ohjauksen ansiosta hiomakiven liikettä ohjataan tarkasti ja siten saadaan kompensoitua hiomakoneesta ja työkappaleesta aiheutuvat virhelähteet. RollControllilla saadaan kompensoitua hiomakoneen johteista sekä telan ja johteiden erisuuntaisuudesta johtuvat virheet. Myös hiomakiven kuluminen on mahdollista kompensoida. Lisäksi hionnassa käytetään virtahiontaa, jolloin CNC:lle syötetään haluttu virtahiontakäyrä, jota CNC pyrkii seuraamaan lisäämällä tai vähentämällä hiomakiven syöttöä. Virtahiontakäyrä voidaan myös laskea RollCal2:n mittalaitteen antamasta telan virhekäyrästä. [7]

Hiomakoneen alkuperäinen bombeerauslaite on korvattu tarkkuuspaikoitusyksiköllä, jota CNC ohjaa tarkasti servomoottorin avulla. CNC lukee hiomakelkan aseman kelkan siirtomoottoriin tai johteisiin asennetusta pulssianturista ja paikoittaa hiomakiven sen hetkiseen sisäänsyötetyn bombeerauskäyrän mukaiseen asemaan. [7]

4 HIOMALAIKAT

4.1 Yleistä

Hiomalaikka koostuu kolmesta osasta, joita ovat hioma-aine, sideaine ja huokoset. Hioma-aineen tehtävänä on irrottaa lastua työstettävästä kappaleesta sideaineen toimiessa matriisina, johon hioma-aineen hiomarakeet ovat kiinnittyneet. Huokosten tehtävänä on kuljettaa hionnassa syntynyt hiomapöly pois hiottavasta kohdasta. Hiomalaikan ominaisuuksiin vaikuttaa myös käytettyjen materiaalien lisäksi hiomarakeiden koko ja eri osien suhteellinen määrä. [8]

4.2 Hiomalaikkojen teräaineet

Hiomalaikoille on olemassa useanlaisia teräaineita, joilla on erilaisia ominaisuuksia. Hionnassa hioma-aineen eli hiomarakeen tulee täyttää useita vaatimuksia. Tärkein hioma-aineelle asetettava vaatimus on kovuus, jonka täytyy olla suurempi kuin työstettävän materiaalin kovuus, jotta lastuaminen yleensä olisi mahdollista. Hioma-aineen tulisi olla myös toisaalta mahdollisimman haurasta, jolloin hiomarakeen teroittumisen mahdollistava särmän lohkeaminen voi tapahtua. Eli kun hiomarae tylsyy, siitä lohkeaa tylsä särmä pois muodostaen uuden terävän särmän. Hioma-aineen tulisi olla myös mahdollisimman kulutusta kestävä ja sitkeä. Kulutuksen kestävyydellä tarkoitetaan hiomasärmien pysymistä mahdollisimman pitkään terävinä. Sitkeydellä tarkoitetaan hiomalaikan hiontapaineen kestävyyttä. Hioma-aineen kemiallisen vakauden täytyy pysyä hyvänä, jolloin hioma-aine ei saa reagoida hiottavan materiaalin kanssa hiomalaikan ja työkappaleen kosketuspinnassa syntyvän satojen asteiden lämpötilassa. [8]

Hionnassa käytettävät teräaineet jaotellaan kolmeen eri luokkaan. Luonnosta löytyvät hiontaan soveltuvat hionta-aineet kuuluvat luonnollisten teräaineiden joukkoon, mutta niitä ei yleensä käytetä hiomalaikoissa niiden riittämättömien ominaisuuksien vuoksi. Yleisin hioma-aineluokka on perinteiset hioma-aineet, jotka ovat olleet jo pitkään käytössä. Siitä johtuu myös luokan nimi. Kyseiset

hioma-aineet ovat nykyään eniten käytettyjä johtuen niiden halvasta hinnasta ja suhteellisen hyvistä ominaisuuksista. Uusimpia hioma-aineryhmiä ovat superhioma-aineet, joihin kuuluu timantti ja kuutiollinen boori-nitridi (CBN). Näiden hioma-aineiden käyttö ei ole vielä kovin yleistä johtuen niiden korkeasta hinnasta. Kyseisillä hioma-aineilla on kuitenkin muihin hioma-ainesiin verrattuna ylivoimaisesti parhaat ominaisuudet. [8]

4.2.1 Alumiinioksidi eli korundi

Alumiinioksidi Al_2O_3 eli korundi kuuluu perinteisten hioma-aineiden ryhmään ja se on ryhmänsä pehmein aine. Sen kansainvälinen tunnusmerkki on A. Korundin iskumaisen kuormituksen kesto on hyvä ja sitä käytetään pitkälastuisten ferriittisten aineiden hiontaan. Se on myös sitkeää ja sitä käytetään ruostumattomien terästen ja muiden seostettujen terästen hiontaan. Korundilla on myös useita alalajeja, koska korundia ei yleensä käytetä aivan puhtaana hioma-aineena, vaan siihen on sekoitettuna muita aineita. [8]

Korundi on luonnosta löytyvä mineraali, jonka alumiinioksidipitoisuus on noin 90-95 %. Parhaiten hiontaan soveltuu mahdollisimman korkean alumiinioksidipitoisuuden omaava materiaali. Nykyään synteettisen korundin käyttö on vähentänyt luonnon korundin käyttöä. Synteettisten korundien joukko on laaja ja se sisältää useilla eri aineilla seostettuja laatuja. Yleisimmät seostuksessa käytetyt aineet ovat zirkoniumin, titaanin ja kromin oksidit. Erilaisilla valmistusmenetelmillä saadaan aikaan erilaisia mikrorakenteita, jotka vaikuttavat osaltaan hiomaominaisuuksiin. Synteettiset korundit ovat tärkein hioma-aineiden joukko. Korundeista on olemassa myös erilliskidekorundia, joka koostuu yhdestä kiteestä ja sen mekaaninen kestävyys ja leikkausominaisuudet ovat parempia perinteiseen monikiteiseen korundiin verrattuna. Erilliskidekorundi on kallista ja sitä käytetään vain kovien, seostettujen terästen hiontaan. [8]

4.2.2 Piikarbidi

Piikarbidi kuuluu perinteisten hionta-aineiden ryhmään, ja se koostuu piistä ja hiilestä. Sen kemiallinen kaava on SiC. Piikarbidin tunnuksena on C tai SC. Piikarbidi on kovempaa ja kiinteämpää kuin alumiinioksidi. Piikarbidi soveltuu hyvin alhaisen vetolujuuden omaaville aineille ja sitä käytetään yleensä koville, tiheille ja lyhytlastuisille aineille. Toisaalta se soveltuu myös hyvin valuraudan, kokillivaluraudan, messingin, alumiinin, kuparin, ei-rautametallien ja ei-metallien hiontaan. Piikarbidi on eräs tärkeimmistä synteettisesti valmistetuista hioma-aineista. [3, 8]

Piikarbidia on olemassa kahdenlaista eri muotoa, vihreää ja mustaa. Vihreä muoto on puhtaampi, kovempi ja hauraampi kuin musta muoto. Musta muoto on taas vastaavasti sitkeämpi ja pehmeämpi. [8]

4.2.3 Boorikarbidi

Boorikarbidi kuuluu myös perinteisten hioma-aineiden ryhmään ja se koostuu boorista ja hiilestä (B_4C). Boorikarbidi on hieman piikarbidia kovempaa ja sitä käytetään kovien metallien hionnassa. Sitä voidaan käyttää myös erikoismateriaalien kuten timantin ja lasin hiontaan. [8]

4.2.4 Timantti

Timantti on nykyään kovin tunnetuista materiaaleista. Se on yksi hiilen esiintymismuoto, joka syntyy kovassa paineessa ja korkeassa lämpötilassa. Timanttia löytyy luonnosta, mutta sitä on myös mahdollista valmistaa synteettisesti. Synteettisesti valmistettuja timantteja on useita eri laatuja. Hioma-aineena käytetään kuitenkin myös luonnon timanttia, mutta synteettisesti valmistetun osuus on huomattavasti suurempi. [8]

Timantti on toinen superhioma-aineista. Timantin kovuuden vuoksi sillä voidaan hioa lähes mitä tahansa ainetta. Rautamateriaalien hiontaan timantti ei sovi, koska rauta reagoisi timantin hiilen kanssa aiheuttaen timanttiin voimakasta kemiallista eroosiota hiomalaikan ja työkappaleen kosketuspinnassa syntyvässä satojen asteiden lämpötilassa. [8]

Timantin käytössä olevia hyviä puolia ovat vähäinen kuluminen ja stabiilisuus korkeissa lämpötiloissa. Timantilla voidaan saavuttaa myös parempi pinnanlaatu ja mittatarkkuus kuin perinteisillä hioma-aineilla. Timanttien käyttöä rajoittaa niiden erittäin korkea hinta. [8]

4.2.5 Kuutiollinen boori-nitridi (CBN)

Kuutiollinen boori-nitridi on luonnossa esiintymätön aine. Sitä valmistetaan synteettisesti samanlaisissa olosuhteissa kuin timanttia. Kuutiollinen boorinitridi on toiseksi kovin aine nykyään tunnetuista materiaaleista ja se kuuluu superhioma-aineryhmään. [8]

Kuutiollinen boorinitridi on ominaisuuksiltaan timantin kaltainen. Se ei kuitenkaan reagoi raudan kanssa kuumissakaan olosuhteissa, minkä vuoksi sitä käytetään pääasiallisesti rautamateriaalien hionnassa. Sillä hiotaan myös jonkin verran nikkeli- ja kobolttipohjaisia materiaaleja. Boorinitridien käyttöä rajoittaa niiden erittäin korkea hinta. [8]

Kuutiollisen boorinitridin etuja perinteisiin hioma-aineisiin verrattuna ovat huomattavasti lyhyemmät työstöajat, koska kuutiollinen boorinitridi poistaa ainetta erittäin tehokkaasti, ja se pysyy myös pitkään terävänä eli teroitusta tarvitaan vain harvoin. Sillä saavutetaan myös parempi pinnanlaatu ja tarkemmat mitta- ja geometriatoleranssit kuin perinteisillä hioma-aineilla. Boorinitridillä voidaan saada nostettua hiomakoneen käyttöastetta, koska sillä voidaan työstää pitempään ilman hiomalaikan teroitusta tai vaihtoa. [8]

4.3 Hiomalaikkojen sideaineet

Hiomalaikan sideaineen tehtävänä on muodostaa matriisi hioma-aineen hiomarakoiden kiinnittymistä varten. Sideaineiden vaatimukset riippuvat erilaisista hiontojen olosuhteista. Vaadittavia ominaisuuksia ovat hauraus, kulutuksen kestävyys, lämmönsietokyky sekä hiomarakoiden ja sideaineen välisen liitoksen lujuus ja jäykkyys. Hyvä sideaine yhdistää hiomarakeet

kiinteäksi rakenteeksi, jolla on riittävä lujuus ja jäykkyys ja joka pitää myös yksittäisen terävän hiomarakeen kiinni hiomalaikassa, mutta irrottaa tylsän. Lisäksi sideaineen tulisi kestää hyvin lämpörasituksia. Joissakin tapauksissa sideaineeseen voidaan imeyttää voiteluainetta, mikä parantaa tehokkuutta. [8]

Sideaineet jaetaan kolmeen eri luokkaan niiden ominaisuuksien mukaan. Jokaisessa ryhmässä on erilaisia materiaaleja, mutta myös samasta materiaalista voidaan tehdä ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia sideaineita. [8]

4.3.1 Lasimaiset sideaineet

Lasimaiset sideaineet koostuvat pääosin keraameista ja ne sisältävät pääasiallisesti kaoliinia, kvartsia ja maasälvän sekä juoksutteen seoksia. Kyseisen ryhmän sideaineet kuluvat siten, että niiden pinnasta lohkeaa irti mikroskooppisen pieniä sideaineen palasia. Kyseiset sideaineet ovat hauraita ja pitävät hioma-aineen hiomarakeet tiukasti kiinni matriisissa. Lasimaisten sideaineiden lämmönkestävyys on erittäin hyvä ja niille saadaan valmistettua helposti huokoinen rakenne. Tämän vuoksi kyseisen ryhmän sideaineet soveltuvat erittäin hyvin hiomalaikkojen sideaineiksi. Keraamisesti sidotut laikat ovat yleisimpiä telahionnassa. Ne kestävät hyvin hiontanestettä ja kosteutta, mutta ne eivät kestä iskuja. Keraamiset hiomalaikat kestävät noin 35 m/s kehänopeuden. [8]

4.3.2 Orgaaniset sideaineet

Tähän sideaineiden ryhmään kuuluu hartsit, kumit ja sellakat. Näiden sideaineiden hiomarakeiden kiinnipitokyky perustuu siihen, että sideaine ympäröi hiomarakeita. Rakenne on tehty sellaiseksi, koska kyseisillä sideaineilla on heikko hiomarakeiden kiinnipitokyky. Sideaineen kulumisen tapahtuu siten, että hiomalaikan pinnasta sulaa ainetta pois. Orgaaniset sideaineet ovat melko elastisia ja niiden lämmönkestävyys on melko huono. Tämän ryhmän sideaineita käytetään erilaisiin hiontatarkoituksiin. [8]

Bakeliitti

Yksi tämän ryhmän sideaineista on bakeliitti (fenolihartsia), jota käytetään myös telahionnassa. Bakeliittisilla hiomalaikoilla on suuri vapaa leikkuukyky ja ne kestävät jopa noin 48 m/s kehänopeuden. Ne sopivat hyvin rouhintahiontaan ja sideaine palaa vasta lämpötilan ollessa 300°C. Näiden ominaisuuksien ansioista kyseiset laikat toimivat hyvin suurella hiontapaineella ja suurilla nopeuksilla. [8]

Kumi

Kumisilla hiomalaikoilla saavutetaan hyvä pinnanlaatu ja ne toimivat hyvin kaksilaikkaisissa hiomakoneissa. Lisäksi ne kestävät hyvin erilaisia rasituksia ja jopa 48 m/s kehänopeuden. [8]

Sellakka

Sellakkalaikalla on hyvin samantyyppiset ominaisuudet kuin kumilla. Sellakkalaikoilla saadaan aikaan hyvä pinnanlaatu ja ne soveltuvat viimeistelyhiontaan. Sellakkalaikoilla on huono lämmönkestokyky, jolloin ne eivät kestä suuria lastuamiskuormia sideaineen pehmetessä lämmön vaikutuksesta. Sellakka sopii hyvin huonokuntoiselle hiomakoneelle. [2, 8]

4.3.3 Metalliset sideaineet

Metallisia sideaineita käytetään pääasiallisesti vain superhioma-aineiden sideaineena. Metallisilla sideaineilla on parempi lämmönkestävyys kuin orgaanisilla sideaineilla ja ne kestävät myös iskuja paremmin kuin lasimaiset sideaineet. Metalliset sideaineet kuluvat siten, että jatkuva vaihteleva kuormitus väsyttää metallin pintaa ja lopulta pintakerros irtoaa. [8]

4.4 Hiomalaikkojen laatumerkintä

Yleistä

Hiomalaikkojen laatumerkintä on standardisoitu Suomen standardisoimisliiton standardilla SFS 3970. Kyseisen standardin mukaan hiomalaikkojen merkinnöistä tulee selvittää seuraavat tiedot: *hioma-aine, rakeen karkeus, kovuus, rakenne, sideaine ja sideainemuunnos*. Hioma-aineiden ja sideainelajien merkinnät vaihtelevat kuitenkin valmistajien mukaan. Lisäksi hiomalaikoissa voi olla valmistajien lisämerkintöjä. [9]

4.4.1 Hioma-aine

Hioma-aine merkitään isolla kirjaimella. Usein tämän kirjaimen edessä on numero, joka osoittaa, että hioma-aine on tavallisen hioma-aineen muunnos. Numeron määrittää valmistaja. Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty hioma-aineiden merkinnät. [1]

Taulukko 2. Hioma-aineiden merkinnät [1, 2, 9]

Merkintä	Hioma-aine
A	Alumiinioksidi (korundi)
B	Kuutiollinen boori-nitridi
C, SC	Piikarbidi
D	Timatti
Z	Zirkonium-korundi

4.4.2 Hiomarakeen karkeus

Hioma-aineen rakeen materiaalin lisäksi hiomarakeen raekoolla eli karkeudella on tärkeä merkitys hionnassa hionnan tehokkuuteen ja saavutettavaan lopputulokseen. Hiomalaikkojen karkeus ilmaistaan numerolla. Numero kuvaa hiomalaikan karkeutta siten, että mitä suurempi numero, sitä hienompi eli pienirakeisempi hiomalaikka. Numerointi kuvaa hiomarakeiden lajittelussa käytetyn sihdin reikien tiheyttä tuumaa kohti. Hiontatulokseen vaikuttaa oleellisesti hiomarakeiden koko. Suurilla rakeilla saadaan aikaan tehokkaampi aineenpoisto, kun taas hienoilla hiontarakeilla saadaan aikaan hyvä tarkkuus ja pinnanlaatu. Pehmeille aineille käytetään sitä karkeampaa laikkaa, mitä pehmeämpää hiottava aine on. Hiomalaikoissa voidaan käyttää myös samaan aikaan useankokoisia hiomarakeita. Hiomalaikkojen karkeudet luokitellaan

standardissa SFS 3970. Seuraavassa taulukossa 3 esitetty kyseisen standardin mukainen luokittelu. [1, 8]

Taulukko 3. Hiomalaikkojen karkeudet [9]

Karkea	Keskikarkea	Hieno	Erittäin hieno
8-24	30-60	70-180	220-600

4.4.3 Hiomalaikan kovuus

Hiomalaikan kovuudella tarkoitetaan sitä voimaa, jolla side-aine pitää hiomarakeet kiinni matriisissa. Eli jos vaaditaan suuri paine hiomarakeen irrottamiseksi, se tarkoittaa sitä, että hiomalaikka on kova. Koville hiottaville aineille valitaan sitä pehmeämpi hiomalaikka, mitä kovempaa hiottava aine on. Kun taas vastaavasti pehmeille hiottaville aineille valitaan sitä kovempi hiomalaikka, mitä pehmeämpää aine on. Myös hiomalaikan ja työkappaleen välisellä kosketuspinnalla on merkitystä laikan kovuuden valintaan siten, että mitä pienempi kosketuspinta on, sitä kovempaa hiomalaikkaa käytetään ja päinvastoin. Hiomalaikan kovuus on valittu oikein, kun tylsyneet hiomarakeet irtoavat hiomalaikasta työstön aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että hiomalaikka pysyy siis terävänä ilman teroitusta. Liian pehmeä hiomalaikka kuluu taas liian nopeasti, kun hiomarakeet irtoavat siitä ennen tylsymistä. Jos hiomalaikka on liian kova, niin tylsät hiomarakeet eivät irtoakaan, vaan jäävät kiinni hiomalaikkaan, jolloin se tylsyy eli tukkeentuu ja menettää lastuamiskykynsä. Tästä seuraa myös se, että hiomalaikka alkaa niin sanotusti ”polttaa” eli kuumentaa hiottavaa pintaa. Tällainen hiomalaikka saadaan uudelleen teräväksi teroittamalla eli timantoimalla se. Liian kova hiomalaikka on myös arka tärinälle. Seuraavissa taulukossa 4 on esitetty hiomalaikkojen standardin SFS 3970 mukaiset kovuudet (A-Z) ja taulukossa 5 on esitetty lähteen [1, s.1184] mukaiset kovuudet. [1, 3, 8]

Taulukko 4. Hiomalaikkojen kovuudet [9]

Pehmeä	Keskikova	Kova
A, B, ... , H	I, J, ... , P	Q, R, ... , Z

Taulukko 5. Hiomalaikkojen kovuudet [1, s.1184]

Hyvin pehmeä	Pehmeä	Keskikova	Kova	Hyvin kova
A, B, C, D, E, F, G	H, I, J (Jot), K	L, M, N, O	P, Q, R, S	T, U, V, W, X, Y, Z

Hiomalaikan ja työkappaleen kehänopeuksien ero vaikuttaa myös samalla tavalla hiontatulokseen kuin laikan kovuus. Hitaasti pyörivä hiomalaikka vaikuttaa pehmeältä, kun taas suuri kehänopeus tekee hiomalaikan kovaksi. Hiomalaikan nopeutta nostettaessa noin 40 % saadaan laikka vaikuttamaan yhden kirjaimen verran kovemmalta (vrt. edelliseen taulukkoon). [3]

4.4.4 Hiomalaikan rakenne

Hiomalaikan rakenteella tarkoitetaan hiomarakeiden etäisyyttä toisistaan eli sitä, miten huokoinen tai tiheä laikka on. Superhioma-aineiden hiomalaikoilla rakenne ilmoitetaan hiomalaikan pinnassa olevien hiomarakeiden määränä ja siitä käytetään joskus myös nimitystä hioma-ainepitoisuus. Tämä eroavaisuus merkinnöissä johtuu siitä, että perinteiset hioma-ainelaikat ovat kokonaan samaa ainetta, kun taas superhioma-ainelaikoissa on vain ohut kerros hiomarakeita laikanpinnassa kalliin hinnan vuoksi. Hiomalaikan rakenne vaikuttaa samalla tavalla hiontaan kuin karkeus. Hienorakeinen avoin hiomalaikka työskentelee samoin kuin karkearakeisempi tiheä hiomalaikka. Työkappaleen ja hiomalaikan kosketuspinnan ollessa pieni käytetään tiheää rakennetta. Jos kosketuspinta on suuri, käytetään vastaavasti avointa rakennetta. Standardin SFS 3970 mukainen jaottelu poikkeaa vain hieman seuraavassa taulukossa 6 esitetystä hiomalaikan rakenteen hiomarakeiden etäisyyttä kuvaavista numeroista. [2, 8]

Taulukko 6. Hiomalaikkojen rakenne [1, s. 1184]

Tiheä	Keskitiheä	Avoin	Huokoinen
0, 1, 2, 3	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	11, 12	13, 14, 15

Joskus hiomalaikoista jätetään kyseinen merkintä pois, jolloin laikan rakenne on yleensä edellisen taulukon mukaan 7 – 8. [8]

Hiomalaikan rakenne tulee valita siten, että siinä ei ole liikaa hiomarakeita. Liiallinen määrä hiomarakeita aiheuttaa sen, että kaikki irtoavat lastut eivät pääse poistumaan, koska ne eivät mahdu tällöin hiomalaikan huokosiin. Siitä seuraa yleensä hiomalaikan liiallinen kuumeneminen. Hiomalaikan rakennetta ei myöskään tulisi valita liian harvaksi, jolloin rakeita on harvemmassa kuin olisi tarpeellista ja työn tehokkuus laskee. [8]

4.4.5 Sideaine

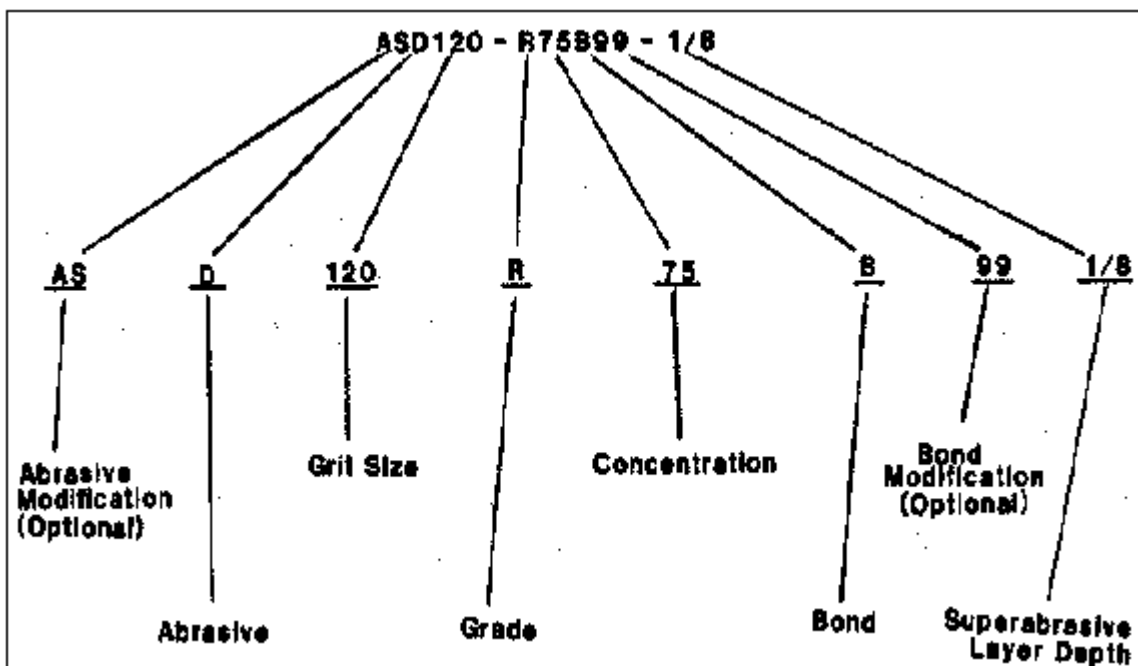
Telaihionnan hiomalaikoissa käytettävien sideaineiden merkinnät on esitetty seuraavassa taulukossa 7.

Taulukko 7. Hiomalaikkojen sideaineiden merkinnät [1, 2, 3, 8, 9]

Merkintä	Sideaine
V, Ke	Keraaminen
S	Silikaatti
R	Kumi
RF	Kuituvahvisteinen kumi
B, Ba	Bakeliitti
BF	Kuituvahvisteinen bakeliitti
E	Sellakka
Mg	Magnesium

4.5 Hiomalaikkoihin tehtävät merkinnät

Hiomalaikkoihin merkitään niiden tunnistamista varten seuraavassa kuvassa 11 esitetyt tiedot esitetyn mallin mukaisesti. Useat hiomalaikkavalmistajat käyttävät kyseistä tunnistusmerkintää. Kansainvälisen standardin merkintä käsittää hioma-aineen, rakeen karkeuden, rakenteen, sideaineen ja sen muunnoksen. [8]



Kuva 11. Hiomalaikan merkinnät

Hioma-aineen muunnelma (*Abrasive Modification*) kertoo hiomalaikan merkinnässä tarkempaa tietoa hioma-aineesta. Kyseinen merkintä ei ole pakollinen hiomalaikoissa ja se voi vaihdella eri hiomalaikkavalmistajien välillä. [8]

Abrasive kertoo mitä hioma-ainetta hiomalaikassa on käytetty. Hioma-aine merkitään kyseistä hioma-ainetta tarkoittavalla kirjaimella. Taulukossa 2 on esitetty hioma-aineiden merkinnät. [8]

Grit Size kertoo hiomarakeiden koon [8].

Grade ilmoittaa hiomalaikan kovuuden [8].

Concentration eli pitoisuus kertoo superhioma-ainelaikkojen hiomalaikan pinnalla olevien hiomarakeiden määrän. Tavanomaisissa hiomalaikoissa tässä kohtaa käytetään hieman poikkeavaa nimitystä Structure eli rakenne. [8]

Bond eli sideaine kertoo hiomalaikassa käytetyn sideaineen tyypin. Lisäksi hiomalaikoissa voi olla merkintä sideaineen muunnelmasta (*Bond modification*),

joka kertoo tarkempaa tietoa sideaineesta ja se merkitään joko kirjaimella tai numerolla. Sideaineen muunnelman merkinnät poikkeavat hiomalaikka-valmistajien välillä. [8]

Lisäksi superhioma-ainelaikoissa on käytössä merkintä *Superabrasive Layer Depth* eli superhioma-ainekerroksen syvyys. Tämä kertoo, kuinka syvälle hioma-ainetta laikassa on. Tätä merkintää käytetään vain superhioma-ainelaikoissa, koska perinteisten hioma-aineiden hiomalaikat ovat kokonaan samaa materiaalia. [8]

Seuraavassa taulukossa 8 on yksi esimerkki hiomalaikka merkinnöistä. [9]

51A60J7VR

Taulukko 8. Hiomalaikan merkkien selitykset [9]

Merkintä	Tarkoitus
51A	Hioma-aine
60	Karkeus (raekoko)
J	Kovuus
7	Rakenne
V	Sideaine
R	Sideainemuunnos

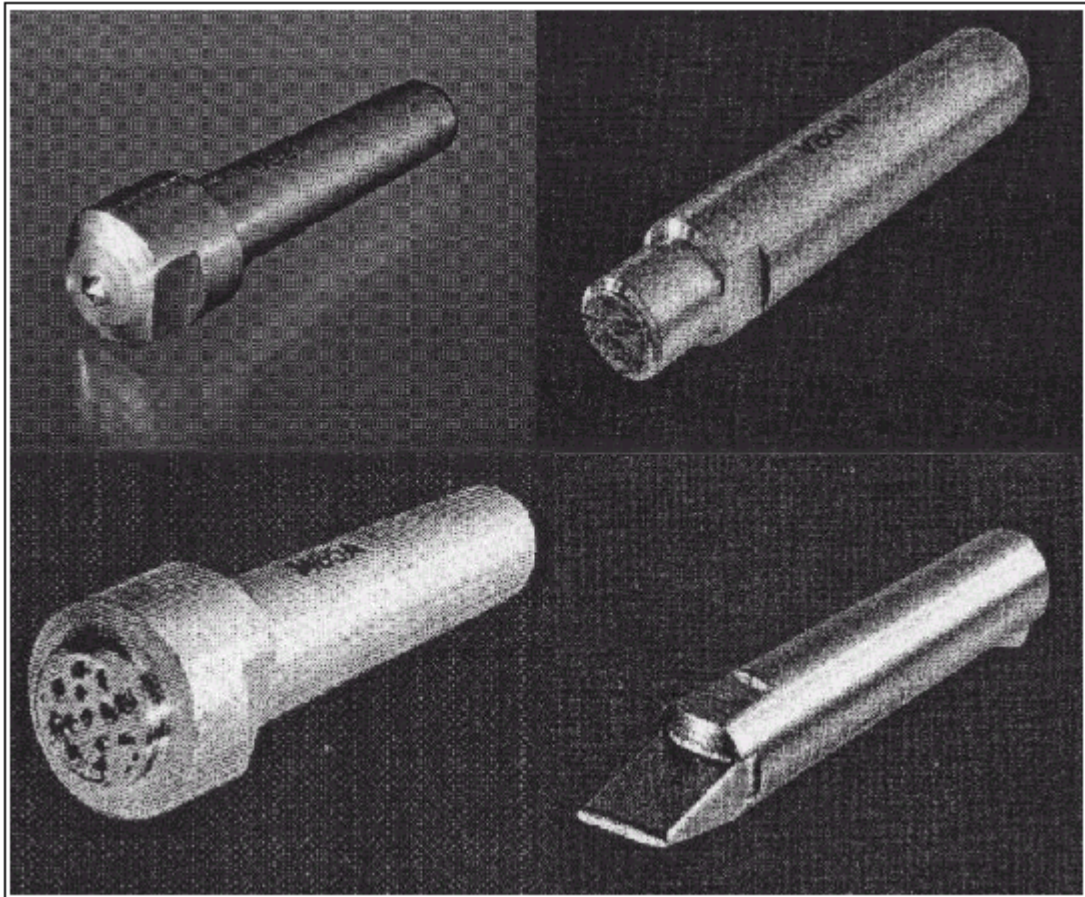
4.6 Hiomalaikkojen mittojen ja muotojen merkintä

Hiomalaikan koko ilmaistaan Suomen standardisoimisliiton standardissa SFS 3966. Kyseisen standardin mukaan hiomalaikan kokoa merkitään *ulkohalkaisijalla, paksuudella ja reiän halkaisijalla*. Kyseisen standardin hiomalaikat ovat suorita hiomalaikkoja. [10]

4.7 Hiomalaikan teroitus ja oikaisu

Hiomalaikan hyvälle toimivuudelle on edellytyksenä se, että hiomalaikka teroitetaan eli timantoidaan, jolloin sille saadaan oikea muoto ja haluttu leikkuukyky. Hiomalaikat teroitetaan timantilla. Timanttien paino ilmoitetaan karaateissa, jolloin yksi karaatti on 0,2 grammaa. Suurin yksikivinen timantti, jota käytetään painaa noin 2,5 karaattia. Joissakin tapauksissa teroittamiseen voidaan käyttää myös keinoimanttia. Suurin keinoimantti on halkaisijaltaan noin 0,85 mm. Telahiomalaikkojen timantointiin käytetään vain hiomattomia timantteja. Seuraavassa lueteltu teroitustimanttityypit: [11]

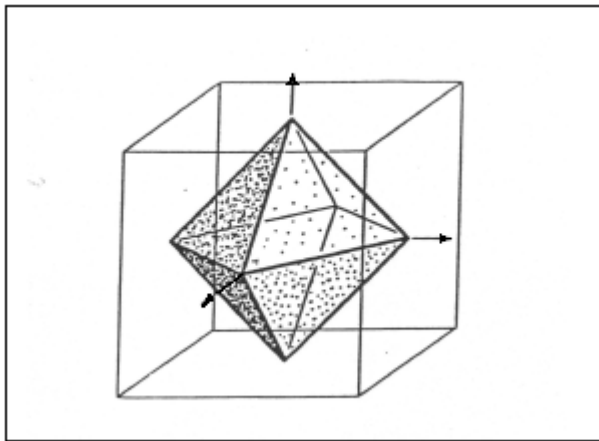
- Yksikivinen timantti
- Monikivinen timantti
- Jauhepäällystetty työkalu



Kuva 12. Erilaisia timantointi työkaluja [17]

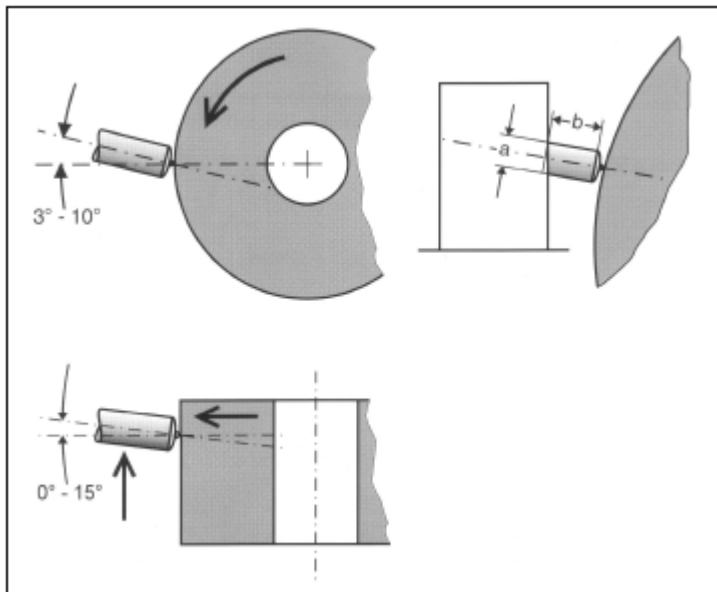
4.7.1 Yksikivinen timantti

Yksikivisen timantin muoto on kuvan 13 mukainen oktaedri eli kahdeksan tahokas. Timantin kovuus on suurin kohtisuoraan kulmaa vastaan, kuten kuvassa 12 on merkitty nuolilla. Yksikivisellä timantilla tapahtuva hiomalaikanteroitus tapahtuu asettamalla yksikivinen timantti myötäsuuntaan $3-10^\circ$ kosketuskulmassa hiomalaikan keskilinjaan nähden kuvan 14 mukaisesti. Lisäksi teroitustyökalulla voidaan käyttää ylhäältä katsottaessa sivuttaissyöttöön nähden $0-15^\circ$ myötäkulmaa hiomalaikkaan nähden. Yksikivisellä timantilla Timantoitaessa hiomalaikkaa on käytettävä jäähdytysnestettä, koska siinä syntyy aina voimakkaasti lämpöä. Timantoinnissa käytetään leikkuusyvyytensä maksimissaan 0,05 mm. Timantti on myös käännettävä säännöllisesti, ettei siihen syntyisi tasaisia tylsiä pintoja. Teroitettaessa hiomalaikkaa timantti tekee siihen ruuviiviivan johtuen hiomalaikan sivuttaissyötön nopeudesta. Teroitusnopeus vaikuttaa siten voimakkaasti hiomajäljen laatuun ja se on valittava työhön sopivaksi. Ennen timantoinnin aloittamista on valittava myös



oikean suuruinen timantti. [11]

Kuva 13. Oktaedri timantti [11]



Kuva 14. Teroitustimantin asettelu [11]

4.7.2 Monikiviset timantit

Näissä teroitustyökaluissa on useita timantteja, jotka ovat metallisidottuja. Monikivisen timantin ja hiomalaikan kosketuskulma on 0° . Sivuttaissyöttöliikkeen nopeus on oltava suurempi kuin yksikivisillä timanteilla, koska kosketuskohtia on useita ja näin hiomalaikkapinnasta tulee sileämpi. Monikiviset timantit kestävät paremmin lämpöä. [11, 12]

4.7.3 Jauhepäällystetty työkalu

Kyseisiä teroitustyökaluja käytetään yleensä hiomalaikkojen muotoiluun ja hienojen laikkojen teroitukseen. Nämä teroitustyökalut valmistetaan sintraamalla timanttijyviä metallin kanssa. [2, 11]

4.8 Timantoinnin vaikutuksesta hiomalaikkaan

Hiomalaikan timantoinnilla saadaan hiomalaikan leikkuukykyä muutettua haluttuun suuntaan. Timantoimalla hiomalaikka karkeaksi saadaan hiomalaikka leikkaamaan hyvin ja vaikuttamaan pehmeältä. Tällöin saadaan myös hyvä aineenpoistokyky. Jos hiomalaikka timantoidaan hienoksi, saadaan hiomalaikka

vaikuttamaan kovalta, jolloin myös aineenpoistokyky heikkenee. Haluttaessa hyvää pinnanlaatua hiomalaikka tulisi timantoida hienoksi. [2, 11]

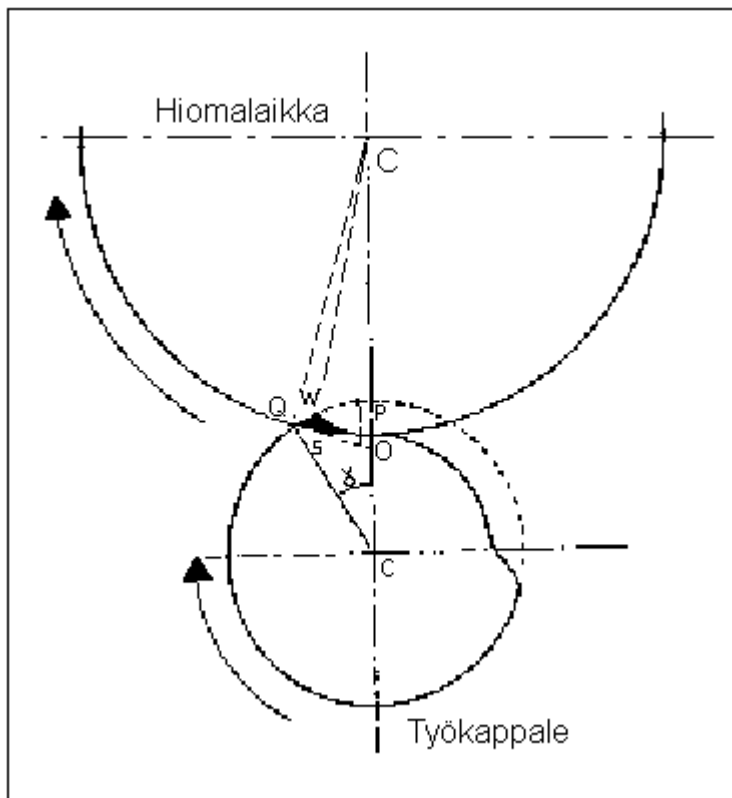
5 TELOJEN HIONTA

Yleistä

Telojen hiominen on yleensä aina riippuvainen useista tekijöistä. Onnistuneen telahiontaan tarvitaan ammattitaitoinen telahioja, kunnossa oleva telahioma-kone oheislaitteineen sekä oikeat työkalut kyseessä olevan telan hiontaan.

5.1 Hiontatapahtuma

Kuvassa 15 on esitetty pyöröhionnan hiontatapahtuma. C on hiomalaikan keskipiste ja c työkappaleen keskipiste, OP on säteittäinen lastuamissyvyys. OQ on hiomalaikan ja työkappaleen välisen kosketuskaaren pituus. [2]



Kuva 15. Hiontatapahtuman geometriset suhteet pyöröhionnassa [2]

Tarkastellaan pistettä O hiomalaikan kehällä, jossa oletetaan olevan yhden lukemattomista hiomaraeista. Hiomalaikan pyöriessä siirtyy hiomarae kehällä kohtaan Q ajassa t. Samalla kuitenkin työkappaleen pyöriessä piste Q siirtyy

pisteen P suuntaan pisteeseen W. Koska työkappaleen nopeus on huomattavasti pienempi kuin hiomalaikan, on matka QW siis pienempi kuin OQ. Hiomarae irrottaa siis työkappaleesta lastun OQW. Sen muodosta ilmenee heti, että suurin lastunpaksuus on pisteestä S pisteeseen W. [2]

Mitä syvemmälle hiomarae tunkeutuu, sitä enemmän poistuu ympäröivää ainetta. Suurentamalla lastunpaksuutta saadaan hiomalaikka vaikuttamaan pehmeämmältä, toisin sanoen hiomalaikka kuluu nopeammin. Lastuamissyvyyttä voidaan lisätä lisäämällä työkappaleeseen nopeutta tai vähentämällä hiomalaikan pyörimisnopeutta. Hiomalaikan halkaisijan pienetessä kasvaa lastunpaksuus samassa suhteessa. Tämän vuoksi pienempi hiomalaikka vaikuttaa pehmeämmältä kuin täysimittainen hiomalaikka. Työkappaleen halkaisijan kasvaessa lastun pituus kasvaa ja samalla lastun paksuus pienenee, jolloin hiomalaikka vaikuttaa kovemmalta, kuin ohuempaa työkappaletta hiottaessa. [2]

5.2 Telojen hionta-arvot

5.2.1 Hiomalaikan nopeus

Hiomalaikan lastuamisnopeudella tarkoitetaan hiomalaikan kehänopeutta työkappaleen suhteen siten, että summataan hiomalaikan ja työkappaleen pyörimisnopeudet. Hiomalaikka ja työkappale eli hiottava tela pyörivät samaan suuntaan. Laikan kehänopeutta valittaessa on huomioitava hiomalaikan suurin sallittu kehänopeus, jota ei saa koskaan ylittää. Tavallisesti hionnassa käytetään kehänopeutta 25-33 m/s. Karkeahionnassa voidaan keraamisesti sidosteisilla hiomalaikoilla käyttää 33 m/s kehänopeutta ja bakeliittisidosteisilla hiomalaikoilla voidaan rouhehiontanopeus nostaa 48 m/s asti. Viimeistely hionnassa ja hienorakeisella hiomalaikalla hiottaessa tulee kehänopeutta pienentää. [2, 3]

Suurilla hiontanopeuksilla vähennetään lastuamisvoimaa, jolloin yksittäiset leikkuusärmät pääsevät toistuvasti kosketukseen työkappaleen kanssa. [2, 3]

Suurella hiomalaikan kehänopeudella ja pienellä määrällä leikkaavia särmiä päästään parempaan pinnanlaatuun kuin hitaalla kehänopeudella ja suurilla leikkuusärmien määrillä. Myös hiomalaikan kuluminen on vähäisempää, koska lastuamisvoimat ovat pienempiä. [2, 3]

5.2.2 Telan kehänopeus

Telojen kehänopeuksista on olemassa hieman toisistaan poikkeavia ohjearvoja. Telojen rouhintahionnassa telalla tulisi käyttää suurehkoa kehänopeutta, jonka ohjearvo riippuu telan halkaisijasta. Suuren halkaisijan omaavilla teloilla kehänopeuden tulee olla suurempi kuin pienen halkaisijan omaavilla teloilla. Työkappaleen kehänopeuden ohjearvoksi voidaan antaa noin 40 m/min. Viimeistelyhionnassa telan nopeus tulisi laskea lähelle tukkeentumis- ja tylsistymisnopeutta. Pehmeillä materiaaleilla, kuten kumilla, paperilla, muovilla, kuparilla ja messingillä, käytetään suurempia nopeuksia kuin kovilla materiaaleilla, joita ovat muun muassa kokillivalu- ja terästelat. [1, 2, 3, 4]

Telan nopeutta ei useinkaan voida nostaa halutun suuruiseksi, jolloin hionnasta saataisiin mahdollisimman tehokasta, vaan telan nopeutta tulee laskea erilaisten värähtelyjen vuoksi, joita aiheutuu telasta, ympäristöstä ja hiomakarasta. Tämän vuoksi joillakin hiomakoneilla joudutaan telan nopeutta laskemaan jopa 30%, mikä pidentää hionta-aikaa. [1, 2]

Seuraavassa taulukossa 9 on esitetty erilaisen halkaisijan omaavien esimerkkitelosten mukaan erilaisia telosten kehänopeuksia hiontaan.

Taulukko 9. Telojen kehänopeuksia hiontaan [1]

Telatyyppi (esim.)	Halkaisija	Nopeus	
		m/s	m/min
Kuivatussyylinteri	n. 1800 mm	n. 1	60
Kalanterintelat	n. 900 mm	0,4-0,5	25-30
Pienihalkaisijaiset	n. 450 mm	0,25	15

5.2.3 Telan ja hiomalaikan nopeussuhde

Nopeussuhteella tarkoitetaan hiomalaikan kehänopeuden suhdetta telan kehänopeuteen. Käytettäessä hiomalaikassa korkeita kehänopeuksia joudutaan usein myös telan nopeutta nostamaan, koska hiottava tela lämpiää sitä enemmän, mitä hitaammin se kulkee laikan kosketuskohdan ohitse. [2]

5.2.4 Lastuamissyvyys ja hiontateho

Lastuamissyvyydellä tarkoitetaan sitä mitta, kuinka syvältä hiomalaikka poistaa hiottavasta kappaleesta ainetta. Hiomalaikan lastuamissyvyyden kasvattaminen lisää hiomalaikan ja työkappaleen välistä kosketuskaaren pituutta, jolloin lämmön syntymis- ja siirtymispinta-ala kasvaa. Rouhinnassa käytetään yleensä suuria lastuamissyvyksiä suuremman aineen poistuman vuoksi. Viimeistelyhionnassa lastunpaksuus pidetään yleensä pienempänä, jolloin pinnanlaatu saadaan paremmaksi. Telahionnan korjaushionnassa lastuamissyvyys on yleensä hyvin pieni, riippuen hiottavasta telasta. Tällöin hiomalaikalle ei yleensä määritellä lastuamissyvyttä, vaan hiontateho määräytyy sähkövirran mukaan, jolla hiomalaikkaa pyörittävä moottori kuormittuu hiottavaan telaan. Pitämällä kyseinen hiontateho tasaisena saadaan hiomalaikka hiomaan telaa tasaisesti. [2, 3, 4]

5.2.5 Pituussyötön suuruus

Tehokas lastuaminen edellyttää pituussyötöksi hiomalaikan leveyttä telan yhtä kierrosta kohden. Yleensä telahionnassa käytetään pituussyötönä vain $1/2 - 2/3$ hiomalaikan leveyttä yhtä telan kierrosta kohden, jolloin syötöstä aiheutuvat jäljet vähenevät ja pinnanlaadusta tulee parempi. Viimeistelyhionnassa voidaan käyttää $1/4 - 1/3$ hiomalaikan leveyttä. Joskus hiomalaikkoja voidaan joutua kaventamaan timantoimalla, jopa puoleen alkuperäisestä leveydestä. Tämä tehdään sen vuoksi, että työkappaleeseen kohdistuvat normaalivoimat saadaan pienemmiksi ja näin saadaan estettyä ohutseinäisten, kuten pronssi- ja messinkitelojen taipuminen viimeistelyhionnassa. [2, 3]

5.2.6 Sisäänsyötön suuruus

Hiomalaikan sisäänsyöttö valitaan materiaali- ja telakohtaisesti siten, että värähtelyt, polttovaikutus ja hiontakuoorma pysyvät hallinnassa. Kokenut telahioja pystyy määrittelemään sopivan sisäänsyötön arvon, virtamittarin arvon, hiomisäänien ja syntyvän pinnan laadun perusteella. Liian pienellä sisäänsyöttöarvolla esimerkiksi piikarbidilaikoilla hiomalaikan itseteroittumista ei tällöin tapahdu. Viimeistelyhionnassa hiontakuoorma pidetään vakiona ja hyvin pienenä, jolloin sisäänsyöttö on käytännössä vain muutamia mikrometrejä kerrallaan. [2]

5.2.7 Pinnanlaatu

Haluttaessa telalle hyvää pinnanlaatua tulee telahionnassa käyttää pienihiomarakeista hiomalaikkaa, mutta myös karkeampi rakeisia hiomalaikkoja voidaan timantoida hienommaksi, jolloin saadaan aikaan parempi pinnanlaatu. Pinnanlaatua ei yleensä erikseen tarvitse hioa, vaan se tulee niin sanotusti hionnan yhteydessä riittävään arvoonsa. Työstöarvoja muuttamalla saadaan hionnan pinnanlaatua muutettua. [4]

5.3 Hiottavien telojen ominaisuudet

5.3.1 Runkomateriaali

Hiottavasta telasta tulisi tuntea sen runkomateriaali ja rakenne, jolloin voidaan ennakoida telan käyttäytymistä hionnassa erilaisten vaikutusten mukaan, joita ovat muun muassa hiontakuoormat, lämpötilavaihtelut ja telan pyörähdyksen symmetrisyys. [4]

5.3.2 Pinnoitemateriaali

Teloille on olemassa lukuisia erilaisia pinnoitteita niiden eri käyttötarkoitusten ja käyttöolosuhteiden mukaan. Hiottavan telan pinnoitemateriaalista tulisi tuntea sen koostumus. Koostumuksella tarkoitetaan telan pintamateriaalin hionta-ominaisuuksien tuntemista, joita ovat kovuus, lastuttavuus ja sitkeys. [4]

Pinnoitemateriaalista on huomioitava myös sen varastointi. Jos telaa varastoidaan siten, että telan paino on sen pinnoitteen varassa, niin tällöin telan pinnoite ”puristuu” eli painuu kokoon aluspukkien kohdalta. Tällaista telaa ei saa aloittaa hiomaan ennen kuin pinnoite on palautunut puristuksesta, sillä muutoin telan pinta saattaa nousta puristuneesta kohdasta ”patille” hionnan jälkeen. Tämä on huomioitava ennen kaikkea pehmeillä pinnoitemateriaaleilla. Yleensä telan pinta palautuu hyvin hitaasti puristuksesta jääneistä painaumista. Puristuksen vaikutusta ei pääse syntymään käytettäessä oikeanlaisia aluspukkeja, jotka tukevat telaa esimerkiksi telankauloilta.

5.3.3 Pinnoitteen kovuus ja sen mittaus

Telapinnoitteen kovuus on yksi mitta materiaalin jäykkyydelle. Pinnoitemateriaalin kovuus on yksi tekijä, jonka perusteella kyseiselle telalle valitaan sopiva hiomalaikka. Tämän takia telahiojan tulisi tietää hiottavan telan kovuus. Kovuuden mittauksessa käytettyjen mittalaitteiden toiminta perustuu kuormitetun mittakärjen tunkeutuman mittaukseen. Yleisin telojen kovuuden mittauksessa käytetty mittaus tapa on ”Pusey & Jones, Plastometer” –mittaus, josta käytetään lyhennettä PJ tai P&J. Kyseisellä mittarilla mitataan 1 kilogramman massalla kuormitetun halkaisijaltaan 1/8 tuuman teräskuulan tunkeutumissyvyyttä pinnoitusmateriaaliin 1 minuutin kuluttua 1/100 mm:nä. Mitä suurempi saatu arvo on, sitä pehmeämpää on mitattava materiaali. PJ –kovuuden mittausta ei yleensä käytetä yli 200 PJ pehmeämmille aineille. Tätä pehmeämpien aineiden kovuudet mitataan Shore-A –asteina. Shore-A –mittauksen toiminta perustuu jousikuormitteisen katkaistun kartionmuotoisen mittakärjen tunkeutuman mittaamiseen asteikoilla 0-100. Lukema sata ilmaisee pinnoitemateriaalin olevan niin kovaa, ettei mittakärki tunkeudu siihen ollenkaan. Lukema 0 (nolla) ilmaisee materiaalin olevan niin pehmeää, että mittakärki tunkeutuu siihen kokonaan. Shore-A:sta käytetään lyhennettä ShA. Pinnoitemateriaalin kovuuden mittaamiseen on myös olemassa shore-D –mittaus, joka on muuten vastaavanlainen kuin shore-A:n mittaus, mutta siinä on teräväkärkinen mittakärki. Shore-D:n mittarilla mitataan kovia pinnoitteita ja sen lyhenne on ShD. Kyseiset kovuudenmittausmenetelmät eivät ole suoraan vertailtavissa toisiinsa. Mittauksissa on myös otettava huomioon

pinnoitemateriaalin paksuus varsinkin pehmeillä materiaaleilla. Seuraavassa taulukossa 10 on lueteltu pinnoitteen vähimmäispaksuudet.

Taulukko 10. Pinnoitteen vähimmäispaksuudet

PJ	Pinnoitteen vähimmäispaksuus
0 – 40	6 mm
41 – 100	9 mm
101 – 200	12 mm
> 200	18 mm

5.3.4 Taipuman poisto telasta ennen hiontaa

Teloissa varastoinnin aikana syntyneet taipumat on poistettava ennen telan hionnan aloittamista. Taipuman poisto on ensisijaisen tärkeää hionnan onnistumisen kannalta ja se vaikuttaa myös telan käyttäytymiseen paperikoneessa. Varastoinnissa telojen taipumista voidaan vähentää pyöräyttämällä teloja määrääjain eri kantille. Teloja voidaan pyörittää ennen hiontaan tuloa erillisessä pyörityslaitteessa, jolloin pyörittämisen tarve vähenee telahiomakoneella. Jos telan mittauksessa todetaan ennen hiontaa taipumaa, on telaa pyöritettävä hitaasti telahiomakoneessa, kunnes taipuma häviää. [2, 3]

5.3.5 Telan taipuminen telahiomakoneessa

Kaikissa paperikoneen teloissa ilmenee aina taipumaa jonkin verran. Telahionnassa tela taipuu alaspäin oman painon johdosta ja sivulle vaakasuuntaisesta hiomavoimasta johtuen. Hiomalaikan liikkeessä suoraviivaista rataa ja telan keskikohdan painuessa taipuman johdosta hieman alemmas kuin hiomalaikan keskilinja syntyy taipuman johdosta hiottavaan telaan lievää bombeerausta. Tämä voidaan estää hiomakoneen ohjausjärjestelmässä bombeerauslaitteen avulla. [1]

5.3.6 Telan tasapaino

Hiottavan telan tasapainolla on suuri merkitys hionnan onnistumiselle. Hiottavalta telalta edellytetään ennen kaikkea dynaamista tasapainoa. Yleensä telat tasapainotetaan valmistajan tai pinnoittajan toimesta ennen käyttöön ottamista, mutta myös myöhempi tasapainottaminen on mahdollista. [2]

5.3.7 Telan hiontavara

Telan halkaisijan suuntainen työstövara vaihtelee eri telatyypeittäin. Myös mahdollinen pinnoitusmateriaali, sen määrä ja paksuus vaikuttavat halkaisijan suuntaiseen työstövaraan. Esimerkiksi kokilliteloilla on riittävästi työstövara, mutta telan halkaisijan pienetessä telan pintakovuus pienenee, koska kokillitelojen karkaisuusvyvyys on noin 15 mm. Kumitetuilla teloilla lastuamisvara on huomattavasti pienempi verraten hiontakerralla tapahtuvaan materiaalin poistoon. Lähes kaikissa pinnoitteissa on pohjarakenne, jonka paksuus vaihtelee 3-9 mm:iin pinnoitteesta riippuen. Pohjarakenne on aina kovempi kuin pintarakenne, joten telahionnassa on seurattava pinnoitteen paksuutta, jotta telan ominaisuudet säilyvät ajettavuudeltaan alkuperäisen kaltaisina. Pinnoite toimii vielä alkuperäisen kaltaisesti, kun pinnoitteesta on noin puolet alkuperäisestä paksuudesta jäljellä. Teloissa oleva säteisheitto vaikuttaa myös paljon telasta poistettavaan materiaalmäärään ja vaikuttaa siten telan hionta-aikaan. Jos hiottavaksi tulevassa telassa on suuria säteisheittoja, niin tällöin telaa joudutaan hiomaan pitkään ennen kuin siitä saadaan poistettua säteisheitot, mikä myös vähentää telan lopullista työstövara. [1, 13]

5.4 Yleisiä ohjeita telojen hiontaan

Hyvän lopputuloksen kannalta telahionnalta edellytetään virheettömiä hiomakelkan liikejohteita, oikein kiristettyjä ja puhtaita käyttöhihnoja, oikein säädettyä karalaakerointia, tukevasti ja koneen suuntaisesti asetettua ja tasapainotettua työkappaletta ja oikein valittua tasapainotettua hiomalaikkaa. Lisäksi nykyisin asetetaan vaatimuksia myös ohjausjärjestelmän toimivuudelle ja sitä kautta telojen mittaamiselle.

Kun telan hiontaan on valittu hiottavalta telalle sopiva hiomalaikka ja työstöarvot ja hiominen tästä huolimatta onnistuu hyvin, voidaan hionnan tapahtumaan

vaikuttaa hiomalaikan säädöillä. Hiomalaikkaan voi tehdä säätöä muuttamalla sen lastuamisnopeutta ja teroittamalla eli timantoimalla hiomalaikkaa. Lisäksi hiontaan voi vaikuttaa muuttamalla telan nopeutta ja säätämällä pituus- ja sisäänsyötön määrää. Korkeammalla hiomalaikan nopeudella hiomalaikka saadaan vaikuttamaan kovemmalta, kun taas laskemalla hiomalaikan nopeutta se vaikuttaa pehmeämmältä. Telan nopeutta nostettaessa hiomalaikka vaikuttaa pehmeämmältä ja alennettaessa hiomalaikka vaikuttaa kovemmalta. Pituussyötön nopeutta nostettaessa tai laskettaessa sillä on samanlaiset vaikutukset hiomalaikkaan kuin telan nopeuden muutoksilla. Myös sisäänsyötön suuruus vaikuttaa vastaavalla tavalla hiomalaikkaan. Hiottavan telan pinnan karheutta saadaan paremmaksi pienemmillä syötöillä ja hiomalaikan hienolla teroituksella. [2, 3]

5.5 Hionnan optimoinnista

Telahionnassa jokainen hiottava tela on erilainen ja käyttäytyy yksilöllisesti, jolloin se asettaa omat vaatimuksensa hionnan optimoinnille. Telahiontaa voidaan optimoida tietokoneohjelmien avulla, jotka laskevat parhaita hiontaparametrejä eri teloille. Telahionnan hiontatapahtumassa tavoiteltava pinnan karheus ja hiottavan pinnan palamisvaurion riski ovat raja-arvoja. Telahionnassa on siten tavoitteena saavuttaa mahdollisimman hyvä aineenpoisto ja vaadittu pinnan laatu eli pinnan karheuden arvo. [2]

Telan pinnan palaminen hiottaessa johtuu paikallisesta lämpöshokista, joka aiheutuu liian suuresta hiontakuormasta. Pinnan palamisen aiheuttaa kriittinen tehon arvo, joka riippuu materiaalista ja käytetystä työkappaleen kehänopeudesta, jolloin termiset rasitukset kasvavat niin suuriksi, että telan pinta palaa. [2]

5.6 Telojen mittaaminen

5.6.1 Telojen mittaamisen vaatimukset

Telojen mittaamisella varmistetaan siitä, että hiottava tela täyttää sille asetetut geometriset vaatimukset. Tämä on tärkeää, jotta voidaan valmistaa laadullisesti moitteetonta paperia. [1, 2]

Telojen mittauslaitteistolta vaaditaan seuraavanlaisia ominaisuuksia: [2]

- Telojen mittalaitteiden mittausliikkeiden tulee olla koneellisesti ohjattavia, jolloin ne ovat riippumattomia inhimillisistä virheistä.
- Mittaavien kärkien ja mahdollisien tukikärkien tulee olla sellaisia, ettei niiden muoto, materiaali tai mittausvoima aiheuta mitattavan telan pintaan vaurioita.
- Mittalaitteen rakenteen on oltava luja ja sen on sovelluttava tehdasolosuhteisiin.
- Mittaustulos tulee olla tarkasteltavissa graafisesti ja myös numeerisesti. Lisäksi mittaustuloksen tallennus tietokoneen muistiin helpottaa myöhempää analysointia. Uusimmissa järjestelmissä voidaan käyttää myös 3D-esitystä.
- Mittausskaalan tulee olla vapaasti valittavissa ja sen on oltava riittävän tarkka, jotta pienimmätkin muotovirheet erottuisivat graafisesta esityksestä.

5.6.2 Teloista mitattavat suureet

Teloista mitataan yleensä vaippapinnan pituussuuntaista muotoa, poikkeileikkauksen ympyrämuotoisuutta ja säteisyyttä sekä pinnankarheutta. Telan tarkalla nimellimitalla ei ole merkitystä. [2]

5.7 Telahiontaprosessin kulku

5.7.1 Hiominen yksiläikkaisella telahiomakoneella

Ennen hiottavan telan nostamista telahiomakoneeseen laitetaan telahiomakoneen työkappaleen johteille hiottavan telan laakeripukeille sopivat alustat. Tämän jälkeen hiottava tela voidaan nostaa telahiomakoneeseen. Hiottava tela mitataan ja linjataan hiomakelkanjohteiden kanssa samansuuntaiseksi ja

kiinnitetään alustaansa. Telan kiinnittäminen ei ole aivan välttämätöntä painavimmilla teloilla, jotka pysyvät paikoillaan painonsa ansiosta. Kevyet telat on aina kiinnitettävä alustaansa. [4]

Ennen varsinaisen hionnan aloittamista on täytynyt valita kyseiselle telalle sopiva hiomalaikka, joka on asennettu valmiiksi hiomakoneeseen. Myös kyseiseen hiontaan ja telaan sopiva lastuamiskehitys täytyy olla valittuna. Hionnan eteneminen tästä eteenpäin riippuu paljolti hiottavasta telasta. Kovaa telaa hiottaessa hionta aloitetaan hiomalla telaa vakiovirralla eli käyttämällä apuna virtahiontaa. Telaa hiotaan niin kauan, kunnes siitä saadaan tasainen leikkuu päästä päähän siten, ettei virtakäyrä muutu. Pehmeää telaa hiottaessa telaa hiotaan, kunnes se on suora eli saadaan tasainen leikkuu päästä päähän. Tällöin pehmeään tai kovaan telaan on kopioitunut sen pyörinnän, laakerien, hiomakoneen johteiden ja muiden virheiden aiheuttamat muodot. Telan ollessa hieman kartiomainen se on linjattu vinoon telahiomakoneeseen nähden. Kartiomaisuuden ollessa pieni telaa ei tarvitse linjata uudelleen, vaan CNC-ohjausjärjestelmä osaa huomioida kyseisen muotovirheen. [4]

Seuraavaksi telalle tehdään mittaus, jossa telasta saadaan 3D-malli. Mittauksessa telaa mitataan kuvan 10 mukaisella RollCall2-mittalaitteella viideltä eri poikkileikkauskohdalta telan pyöriessä. Mittalaite tunnistaa telaa käyttävän karalaatikon moottorilta telan sen hetkisen pyörähdyskulman ja tällöin mittalaitteen mittauskärjet (2kpl) mittaavat sen hetkisen telan pinnan aseman ympyrämuotoisuuden ja profiiliin nähden. Kun kaikilta viideltä poikkileikkauskohdalta on saatu tehtyä kyseiset mittaukset, laskee RollCall2-järjestelmä telalle 3D-muodon. Telaa mitattaessa olisi myös mahdollista käyttää useampaa poikkileikkausta, mutta on todettu, että viidellä poikkileikkauksella saadaan riittävän tarkka mittaustulos. [4]

Kun tela on mitattu, niin sitä voidaan alkaa hioa ympyrämuotoiseksi käyttämällä 3D-hiontaa. 3D-hionta laskee ja ohjaa CNC:n avulla RollCall2-mittausjärjestelmän antaman telan ympyrämuotoisuuden mukaan hiomalaikalle kohtisuoran syvyysaseman telaan nähden, jolloin telasta saadaan ympyrämuotoinen. Hiomalaikka siis myötäilee telan muotoa hiomalla korkeimpia

kohtia pois ja keventämällä matalimmissa kohdissa siten, että telasta tulee ympyrämäinen. [4]

Kun hiottava tela on saatu hiottua haluttuun muotoon ja profiiliin, niin sille hiotaan pinta eli sen pinnanlaatu viimeistellään tarvittavaan arvoon. Pinnanlaadullisen viimeistelyn työstöarvot riippuvat hiottavasta telasta. [4]

5.7.2 Hiominen kaksilaikkaisella telahiomakoneella

Tässä käsitellään Kajaanin PK 2:n telahiomakoneella tapahtuvaa superkalanterin paperitelojen hiontaa. PK 2:n superkalanterilla on käytössä kolmenlaisia kuituteloja, joita ovat nomex, polymeeri ja puuvilla. Näistä nomex- ja puuvillatelat hiotaan kuten seuraavassa kappaleessa on esitetty. [5]

Telan hiominen aloitetaan nostamalla hiottava tela hiomakoneen johteilla oleville pukeille, jolloin tela asettuu jo lähes suoraan hiomakoneen suuntaiseksi. Tämän jälkeen molemmat hiomalaikat asetetaan hiomaan telaa vakiopaineella ja lukitaan siten, että kummankin hiomalaikan kuormitus on yhtä suuri. Seuraavaksi telaa hiotaan toiseen päähän, jossa telaa sitten siirretään siten, että hiomalaikkojen kuormitukset ovat yhtä suuret, jolloin tela on suorassa telahiomakoneeseen nähden. Tämän jälkeen telan pinta hiotaan tasaiseksi lukituilla hiomakelkoilla. Kun tela on saatu hiottua tähän vaiheeseen, ajetaan siihen lopullinen pinnanlaatu vapaasti liikkuvalla hiomakelkalla, jolloin hiomakelkka ja hiomalaikat seuraavat telan muotoa. Näin ollen telaan saadaan hiottua sen pyörinnän mukainen muoto. [5]

Polymeeritela hiotaan kuten muutkin kuitutelat, mutta telan oikaisu hiomakoneen linjan mukaiseksi tehdään mittapalojen avulla, joita verrataan hiomalaikkojen ja telan väliin erikseen telan molemmissa päissä. Päiden välillä tehtävässä vertailussa telaa ei hiota. Tela oikaistaan mittapalojen mukaan. Polymeeritelan pinnanlaatu tulisi olla hionnan jälkeen alle 0,5 µm. Polymeeritela mitataan aina ennen hiontaa ja sen jälkeen RollCall -järjestelmällä sen mittatarkkuuden varmistamiseksi. [5]

Telan hiontapaine määritellään telahiojan ammattitaidon ja kokemuksen perusteella. Yleensä paperiteloista hiotaan noin 1 mm pois halkaisijasta hiontakerrallaan riippuen telan kunnosta. Hionnassa ei myöskään käytetä erillistä hiomalaikan sisäänsyöttöä laikan vähäisen kulumisen vuoksi. Yhden paperitelan hiomiseen menee noin 2 - 8 tuntia riippuen telan kunnosta. [5]

5.8 Työstöarvot

Työstöarvot riippuvat hiottavasta telasta, hiomalaikasta, hiomakoneesta ja lastuamismestestä. Telahiontaan vaikuttaa useita telahiomakone- ja telakohtaisia rajoituksia, jotka ammattitaitoinen telahioja pystyy tunnistamaan ja määrittelemään niihin sopivat työstöarvot. Oikein valitut työstöarvot ovat ensisijaisen tärkeitä onnistuneen ja tehokkaan telahionnan kannalta. Telahionnan työstöarvoissa tulee ottaa huomioon telan kehänopeus, hiomalaikan kehänopeus, nopeussuhde telan ja hiomalaikan välillä, lastuamissyvyys, pituussyötön arvot ja sisäänsyötön arvot. Sisään syötön arvoksi tulisi valita arvo, jolla hiomakaran moottorin kuormitusteho pysy vakiona. Seuraavassa taulukossa 11 on ohjeellisia työstöarvoja Kajaanin PK4:n telahiomakoneelle. [1, 3, 4]

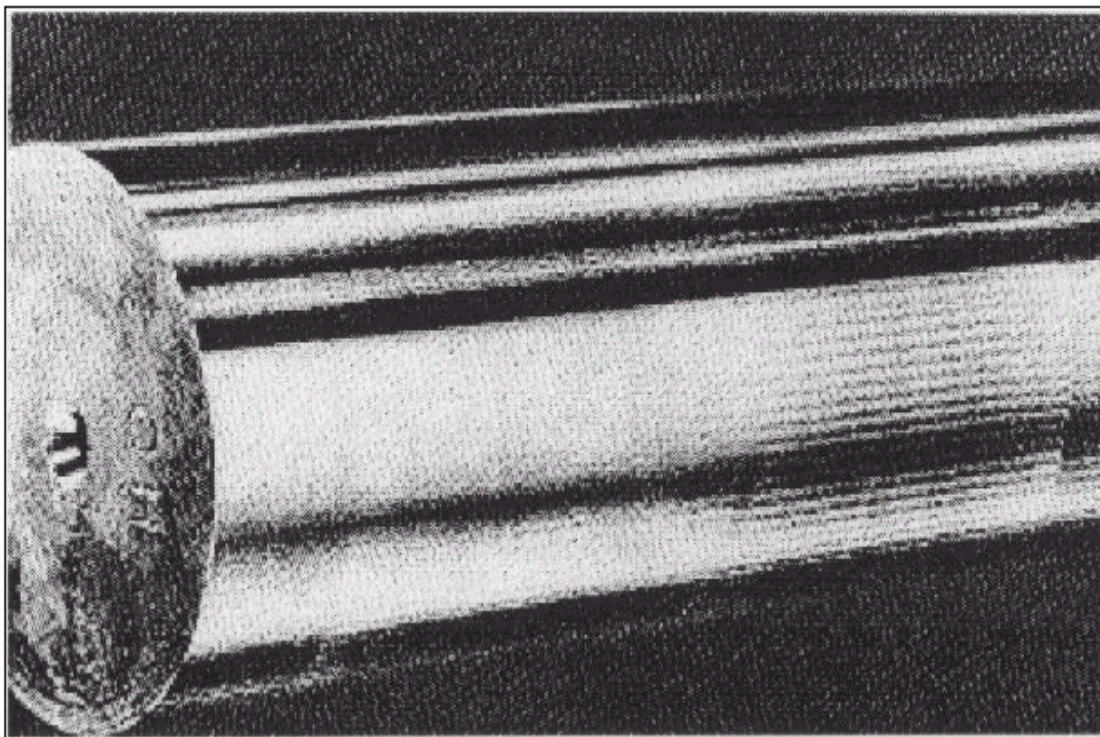
Taulukko 11. Ohjeellisia työstöarvoja PK4:n telahiomakoneelle [4]

Telan kehänopeus	15-60	m/min
Telan kierrosnopeus	4-10	kierrosta/min
Hiomalaikan kehänopeus	17 - 24	m/s
Lastuamissyvyys	0,01-0,1	mm
Pituussyöttö	1/5 - 1/1	laikanleveyttä
Sisään syöttö	0 – 20	µm/min

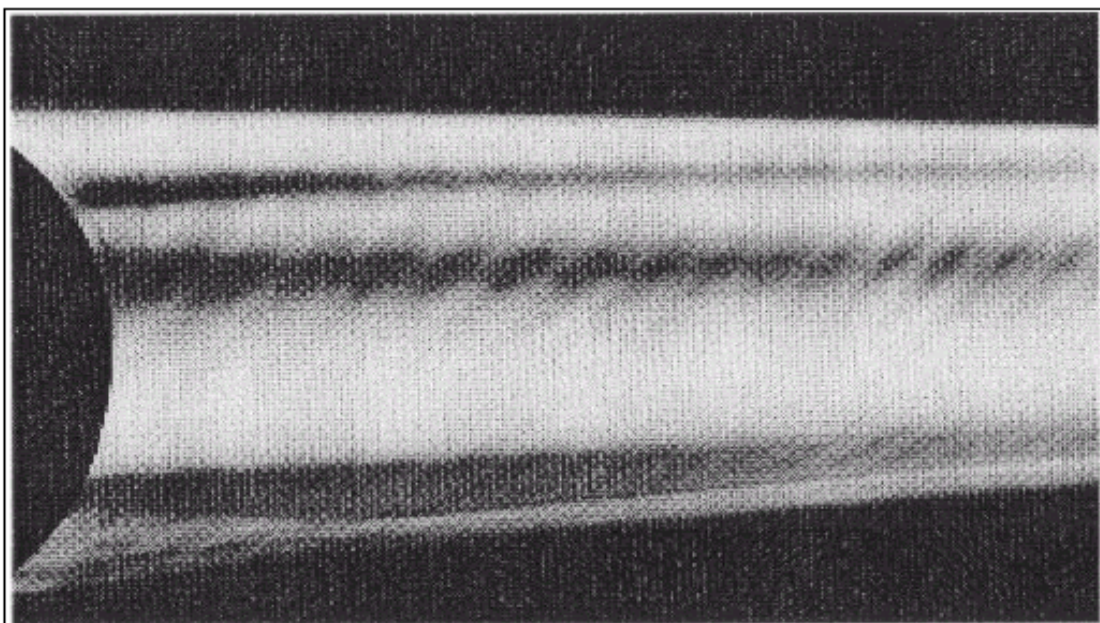
Hiomalaikan ja telan nopeussuhde tulee määrittää telan ja hiomalaikan värähtelytasojen mukaan telahiojan ammattitaidolla. Sisään syötön suuruus riippuu hiomalaikasta ja hiottavasta telasta. [1, 2, 4]

5.9 Yleisiä hionnan virheitä telapinnassa

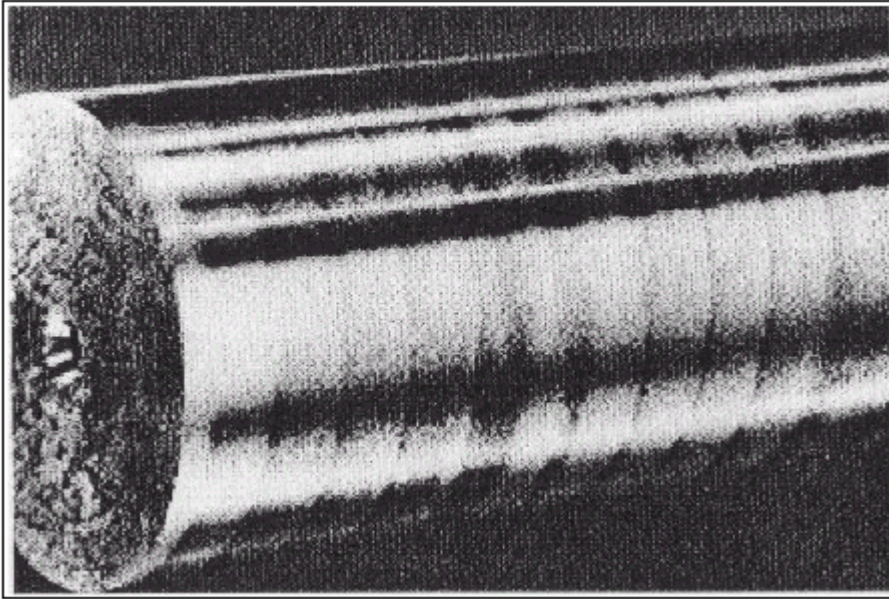
Yleisimmin esiintyviä virheitä tarkkuushionnassa ovat värinäjäljet, syötönjälki, timantoinnin jälki, hiontahaavat, palojäljet ja muotovirheet. Seuraavissa kuvissa 16, 17, 18 ja 19 on esitetty yleisiä telapinnoitteissa esiintyviä hiontavirheitä. [2, 3]



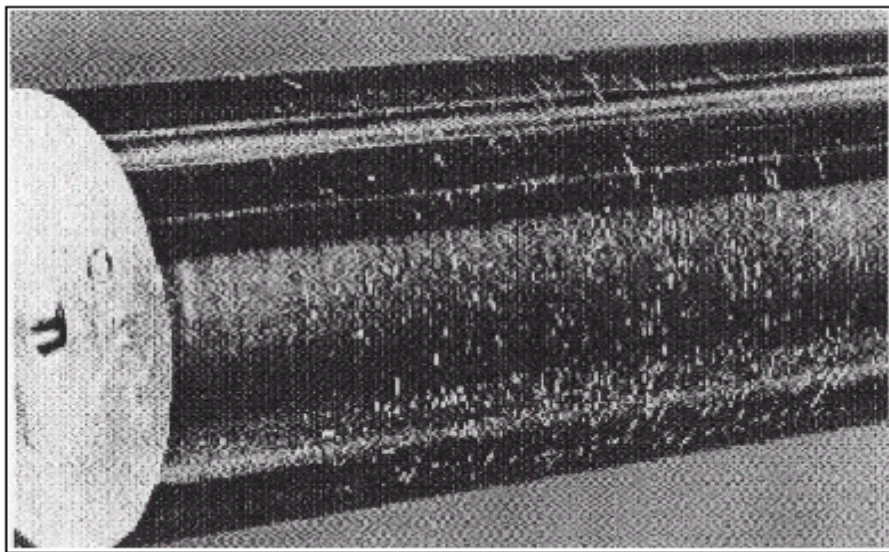
Kuva 16. Telapinnan virheitä [17]



Kuva 17. Telapinnan virheitä [17]



Kuva 18. Telapinnan virheitä [17]



Kuva 19. Telapinnan virheitä [17]

5.9.1 Värinäjäljet

Telahionnassa syntyvät värähtelyn aiheuttajat on helppo havaita hiotusta pinnasta. Värinäjälkiä voivat aiheuttaa monet eri tekijät. Värinäjälkeä tarkasteltaessa jo 1 μm syvyinen värinäjälki on havaittavissa. Hiomalaikasta johtuvia värinäjälkiä voi aiheuttaa liian kova, epätasapainoinen, tukkeentunut, oikaisematon tai öljyiseksi imeytynyt hiomalaikka. Liian kovasta hiomalaikasta aiheutuva värinä johtuu hiomalaikan tylsymisen ja kulumisen suhteen

epätasaisuudesta. Värinäjälkiä aiheutuu myös liian suurista kuormituksista sekä virheellisistä telan ja hiomalaikan nopeuksista. Hiomakoneesta johtuvia värinäjälkiä voi aiheuttaa väärin säädetty tai rikkonainen karalaakerointi. Värinäjälkiä voi syntyä myös nykivästä telan pyörimisestä ja käyttöhihnojen luistamisesta, jolloin 3D-ohjausjärjestelmä ohjaa äkillisesti hiomalaikkaa väärin telan pintaan nähden. Hiomalaikan väärästä pysty- eli korkeusasemoinnista telaan nähden voi syntyä värinäjälkiä. Tämä vaikutus on suurin pienen halkaisijan omaavilla teloilla. Seuraavassa listassa on esitetty toimia värinäjäljen poistamiseksi. [2, 3]

Värinäjälkien poistaminen

- Timantoimalla hiomalaikka karkeaksi
- Kokeilemalla pehmeämpää hiomalaikkaa
- Nostamalla telan pyörimisnopeutta tai laskemalla hiomalaikan nopeutta
- Tasapainottamalla hiomalaikka
- Tarkistamalla hiomakaran laakerointi
- Tarkistamalla hiomalaikan moottorin ja telan käytön värähtelytasot
- Vaihtamalla hiomalaikan pituussyötön arvoja
- Värinäjäljen taajuuden ollessa suuri tarkistamalla teroitustimantin kiinnitys
- Tarkistamalla telan tuenta
- Laakereista johtuvaa värinää alentamalla telan nopeutta

5.9.2 Naarmuuntuminen

Telan naarmuuntumista aiheuttaa yleensä huonosti suodatettu lastuamisneste, jonka mukana hiontakehoon pääsee laikasta hionnassa tai teroituksessa irronneita jyväsia. Myös huonosti puhdistetussa hiomalaikan suojuksessa olevat epäpuhtaudet voivat joutua hiomalaikan ja telanpinnan väliin. Hiomalaikan teroituksen jälkeen hiomalaikka tulisi puhdistaa riittävän hyvin. Rakeiden irtoamista hiomalaikasta voidaan vähentää käyttämällä kovempaa laikkaa tai nostamalla hiomalaikan nopeutta, jolloin hiomalaikka vaikuttaa kovemmalta. [2, 3]

Naarmuuntumisen välttäminen

- Harjaamalla hiomalaikka teräsharjalla timantoinnin jälkeen
- Puhdistamalla irtojyvät pois hiomalaikasta ja suojakotelosta
- Käyttämällä kovempaa hiomalaikkaa
- Vaihtamalla lastuamisneste
- Lisäämällä hiomalaikan nopeutta, jolloin hiomalaikka vaikuttaa kovemmalta

5.9.3 Pituussyötön jäljet telassa

Pituussyötön jälki näkyy telan pinnassa kierteen omaisena jälkenä. Kyseinen jälki syntyy yleensä teräväreunaisesta ja karkeasta hiomalaikasta. Jäljen syntyä voi estää timanttoimalla ja pyöristämällä hiomalaikan reunat. Myös hiomalaikan kaventaminen voi auttaa. Kun hiomalaikka ja työstöarvot ovat oikein säädetyt, saadaan viimeistelyhionnassa poistettua kyseiset jäljet. [2, 3]

Pituussyötön jälkien välttäminen

- Pyöristämällä hiomalaikan reunat
- Käyttämällä pehmeää hiomalaikkaa
- Hiomalla pienellä kuormalla

5.9.4 Timantoinnin jälkien välttäminen

Timantoitaessa hiomalaikkaa yksiraetimantilla siihen syntyy urat, jotka kuvioituvat telaan. Myös timantin ollessa löysällä pitimessään aiheutuu siitä jälkiä hiomakiveen ja sitä kautta hiottavaan telaan. Yksiraetimantilla timantoitaessa on käytettävä pientä poikittaissyöttöä, jolloin hiomakiveen ei synny uritusta. On myös muistettava, että joskus hiomalaikkoihin tehdään tarkoituksella kyseinen uritus pehmeitä materiaaleja hiottaessa. Urituksen syntyä voidaan estää myös käyttämällä moniraetimanttia. [2, 3, 4]

Timantoinnin jälkien välttäminen

- Pienentämällä timantoinnin syöttöä
- Käyttämällä pienempää timantointisyvyyttä
- Kokeilemalla pehmeämpää ja avonaisempaa hiomalaikkaa
- Timantoinnissa tukevalla timantin kiinnityksellä
- Timantoimalla monikärritimetillä

5.9.5 Hionthalkeilu

Hionthalkeilua esiintyy etenkin hiiletyskarkaistuja ja ruostumattomia teräksiä hiottaessa. Kyseisessä hiontatapahtumassa työkappaleen pinta joutuu plastisten ja elastisten muodonmuutoksien alaiseksi. Lisäksi työkappaleeseen aiheutuu paikallista lämpöshokkia. Näiden tekijöiden aiheuttamat komplisoitujen jännitysten resultanttijännitykset ovat pahimmassa tapauksessa vetoa, jolloin vetojännityksen vaikutuksesta austenniitin kiderajoille syntyy murtuma. Hionthalkeilua voidaan vähentää laskemalla paikallisten termisten kuormien syntymistä työkappaleen pinnassa. Työkappaleen pinnassa aiheutuvia kuormia voidaan pienentää muuttamalla työkappaleen nopeutta ja hiontakuumia. [2, 3]

Hionthalkeilun ja palojälkien välttäminen

- Käyttämällä kunnollista lastuamisnestettä
- Varmistamalla siitä, että lastuamisnestesuihku on riittävä ja oikein suunnattu
- Käyttämällä riittävää työkappaleen nopeutta
- Pitämällä hiontakuumat pieninä
- Käyttämällä oikeaa hioma-ainetta, koville aineille piikarbidi ja pehmeille alumiinioksidi
- Hiomalaikka on liian kova tai liian hieno
- Timantoimalla hiomalaikka karkeaksi

6 ERILAISTEN TELAPINNOITTEIDEN HIONTA

Yleistä

Erilaisten telapinnoitteiden hiontaa on käsitelty vain yleisimmin hiottaville telapinnoitteille. Jokaisen erilaisen telapinnoitteen hiontaan voidaan soveltaa lähes samoja peruseriaatteita kuin seuraavissa kohdissa mainittuihin erilaisiin telapinnoitteiden hiontaan. On kuitenkin muistettava, että kulloinkin kyseessä oleva hiottava telapinnoite on lähes vastaava, mihin ohjeita on annettu. [14]

6.1 Polyuretaani- ja kumiseosteisten pinnoitteiden hionta

Polyuretaanipinnoitteen hiomiseen käytetään yleensä karkeata piikarbidista hiomalaikkaa rouhinnassa ja viimeistelyssä. Hiomalaikan tulee olla karkea, koska sillä estetään hiomalaikan tukkeentumista. Lisäksi on huomioitava hiomalaikan avoimuus, kovuus ja sideaine. Näistä hiomalaikan avoimuudella on myös suuri merkitys hiomalaikan avoimena pysymiselle. Myös oikein valitut työstöarvot, kuten laikan ja telan pyörimisnopeus, vaikuttavat hiomalaikan pysymiseen avoimena. Jos hiomalaikka pyrkii tukkeentumaan, se voidaan timantoida karkeammaksi. Polyuretaanipinnoitetta hiottaessa hiomalaikka pyrkii tukkeentumaan, jolloin se helposti polttaa hiottavan pinnan. Pituussyöttönä rouhinnassa voidaan käyttää koko laikan leveyttä kierrosta kohden. Viimeistelyssä pituussyöttö lasketaan ainakin 1/3 laikan leveydestä. Hiottaessa polyuretaanipinnoitetta on käytettävä niin paljon lastuamisnestettä, ettei pinnoitteen lämpötila nouse missään vaiheessa yli 40°C. Lämpötilan noustessa oli 40°C polyuretaanipinnoite voi vaurioitua. Hiottaessa polyuretaanipinnoitetta tulee hionnassa syntyviä ääniä tarkkailla, koska pinnoite voi olla irti telan vaipalta. Polyuretaanipinnoitetta käytetään puristimen imuteloissa ja tambuuriteloissa. [14]

Kumipinnoitteet voidaan luokitella koviin, keskikoviin ja pehmeisiin pinnoitteisiin. Kumipinnoitteen hiontaan pätevät samat ohjeet kuin polyuretaanin hiontaan.

Kumipinnoitteita on kuitenkin mahdollista hioa kuivana, mutta viimeisteltäessä kumipinnoitetta tulisi käyttää lastuamisesnestettä. [14]

Kumi- ja polyuretaanipinnoitteiden hionnassa on huomioitava kohdassa 4.3.2 esitetty pinnoitemateriaalien puristuminen varastoinnissa.

Hiottaessa kumi- tai polyuretaanipinnoitetta käyttäytyy pinnoite viskoelastisesti. Erityisesti tämä tulee esiin kumipinnoitteilla sitä selvemmin, mitä pehmeämpää hiottava kumipinnoite on. Hionnassa kumi pyrkii pakenemaan hiomalaikan alta ja palautumaan hiomalaikan ohitettua tarkastelukohdan. Tämän vuoksi viimeistelyhionta on tehtävä minimaalisella sisäänsyötöllä. Kumipinnoitetta hiottaessa on käytettävä sitä kovempaa hiomalaikkaa, mitä pehmeämpää hiottava pinnoite on. Seuraavassa taulukossa 12 on esimerkkejä puristimen imutelan polyuretaanipinnoitteen työstöarvoista. [14]

Taulukko 12. Polyuretaanipinnoitteen työstöarvot [4]

Puristimen imutela	Polyuretaani	
Halkaisija	1360	mm
Telan pyörimisnopeus	8	kierrosta/min
Hiomalaikan nopeus	17-24	m/s
Hiontasyvyys	0,01	mm
Pituussyöttö		
Rouhinnassa	45	mm/kierros
Viimeistelyssä	30	mm/kierros

6.2 Kokillitelojen hionta

Kokillitelojen hionnassa käytetään hioma-aineena piikarbidia. Kokilliteloja hiottaessa pyritään telan pyörimisnopeus pitämään niin suurena kuin se on mahdollista ilman haitallisia värähtelyjä. Rouhittaessa kokillitelaa hiomalaikan pituussyöttönä voidaan käyttää 1/1 – 3/4 laikan leveyttä. Viimeistelyssä laikan pituussyöttönä voidaan pitää 1/2 laikan leveyttä. Kokilliteloja ei yleensä tarvitse rouhintahioa ja niiden hionta on lähinnä vain kunnostushiontaa, jolloin hiottaessa niistä poistetaan ainetta halkaisijasta enintään vain noin 10 µm. Kokillitelan pinnanlaatu on yleensä viimeistelyhionnan jälkeen alle 0,1 µm.

Joskus kokilliteloista ei tarvitse poistaa ainetta ollenkaan, jolloin ne vain kiillotetaan. Hiottaessa kokilliteloja on kiinnitettävä erityistä huomiota lämpötilojen säilymiseen muuttumattomina, koska tällöin hionnan mittatarkkuus kärsii. [4, 14]

6.3 G-nauhapinnoitteen hionta

G-nauhapinnoite hiotaan hyvin pienillä hiontakuormilla, jolloin lastun tyssäntyminen uritukseen jää hyvin pieneksi. Kajaanin tehtaalla kyseisellä pinnoitteella olevia teloja on enää muutama. Uudemmat vastaavat telat on erikoispinnoitettu, joita ei hiota Kajaanin tehtaalla. Uritukseen tyssäntynyttä pinnoitemateriaalia poistetaan urituksesta painepesurin avulla, jos tyssäntyminen on hyvin vähäistä. Jos uritukseen on tyssäntynyt enemmän ainetta, poistetaan se tarkoitukseen tehdyillä terillä tai harjoilla. Uritus on tärkeää saada auki hionnan jälkeen ennen kuin tela otetaan käyttöön. Seuraavassa taulukossa 13 on esitetty G-nauhapinnoitteen hionta-arvoja. [4]

Taulukko 13. G-nauhapinnoitteen hionta [4]

PK4	G-nauhapinnoite	
Halkaisija	880	mm
Telan pyörimisnopeus	8-10	kierrosta/min
Hiomalaikan nopeus	21	m/s
Hiontasyvyys	-	mm
Pituussyöttö	1/1	laikanleveyttä

6.4 Kuitutelojen hionta

Kuitutelat käsittävät superkalanteroinnissa käytössä olevat puuvilla-, nomex- ja polymeeripinnoitteiset telat. Puuvillapinnoitteesta käytetään nimitystä paperitela. [5]

Kuituteloja joudutaan hiomaan superkalanteroinnissa niihin syntyneiden painaumien, urien, pinnoitteen kovettumisen ja telan muuttuneen muodon vuoksi. Näiden muutoksien suuruuksista johtuu se, miten kyseessä olevaa

kuitutelaan ryhdytään korjaamaan. Jos telan halkaisijasta joudutaan poistamaan yli 4 mm ainetta, tällöin telaa sorvataan ennen hiontaa. Hionnassa telaan tehdään sen lopullinen muoto ja pinnanlaatu. Hionnassa hiomalaikan pituussyöttönä rouhinnassa käytetään koko laikan leveyttä ja viimeistelyhionnassa pituussyöttönä käytetään 1/2 laikan leveyttä. Seuraavassa taulukossa 14 on esitetty ohjeellisia työstöarvoja puuvillapinnoitteisten paperitelojen hiontaan. [2, 5, 14]

Taulukko 14. Puuvillapinnoitteisen paperitelan työstöarvot [5]

Paperitela	Puuvilla	
Halkaisija	660-550	mm
Telan pyörimisnopeus	9-12	kierrosta/min
Hiomalaikan nopeus	15-25	m/s
Hiontasyvyys	0,05-0.3	mm
Pituussyöttö		
Rouhinnassa	50	mm/kierros
Viimeistelyssä	25	mm/kierros

6.5 Toleranssiarvot hiottaville teloille

6.5.1 Yleiset toleranssiarvot

Yleensä toleranssiarvot ovat määritetty telavalmistajien piirustuksiin ja ohjeisiin, mutta telojen erilaisille toleranssiarvoille on olemassa yleisiä suosituksia ja telan pinta kannattaa yleensä hioa vaadittua parempaan arvoon, koska ylimääräinen viimeistely maksaa huomattavasti vähemmän kuin mahdolliset teloista johtuvat ajo-ongelmat paperikoneella. [15]

Yleistoleransseja sovelletaan sellaisille teloille, joille ei ole olemassa erikseen määriteltyjä toleransseja. Yleistoleranssi lieriömäisyydelle on 0,03 mm siten, että halkaisijaerot eivät ole tätä suurempia koko telanvaipan pituudella ja halkaisijaerot 500 mm matkalla eivät ylitä 0,01 mm. Ympyrämäisyyden ja heiton toleransseissa sovelletaan samaa 0,03 mm arvoa. Kartiokkuus saisi olla enintään 0,01 mm ja pinnanlaadun Ra-arvon tulisi olla alle 1 µm. [15]

6.5.2 Kajaanin tehtaalla käytössä olevat suositustoleranssit

Seuraavassa taulukossa 15 on esitetty hiottaville teloille ympyrämäisyyden ja profiilin muodon toleranssit. Osalle teloista on omia pinnoitteen tai jonkin muun syyn vuoksi määriteltäviä toleransseja, joita ei ole huomioitu kyseisessä taulukossa. [16]

Taulukko 15. Toleranssit hiottaville teloille [16]

Tela	Profiilin muototoleranssi	Ympyrämäisyyden toleranssi
	mm	mm
Viiraosa		
Rintatela	0,06	0,03
Vetotela	0,06	0,03
Kulmatela	0,06	0,03
Keskeltä tuettu tela	0,06	0,03
Imu- ja muodostustela	0,1	0,05
Muut telat	0,1	0,05
Puristinosa		
Pick-up-tela	0,1	0,05
Uratela	0,06	0,03
Imutela	0,06	0,03
Keskitela	0,04	0,02
Huovanjohtotela	0,2	0,1
Kuivatusosa		
Kuivatussylinteri	0,1	0,05
Huovanjohtotela	0,2	0,1
Paperinjohtotela	0,1	0,05
Kalanteri ja rullain		
Kalanteritela	0,01	0,005
Rullaussylinteri	0,06	0,03
Tambuuritela	0,2	0,1
Paperinjohtotela	0,1	0,05
SC:n Kuitutelat	0,03	0,03

7 LÄPIMENOAIKA JA HIONTATEHOKKUUS

7.1 Läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, mikä alkaa telan nostamisesta telahiomakoneeseen ja loppuu, kun tela on hiottu ja nostettu pois telahiomakoneesta. Läpimenoaika koostuu eri työvaiheiden yhteenlasketuista ajoista. Läpimenoajalla voidaan kartoittaa telahiomakoneen käyttötunteja ja eri telojen hiomalla kunnostamiseen meneviä aikoja. Näitä aikoja voidaan käyttää hyväksi muun muassa töiden järjestelyissä.

7.1.1 PK2:lla hiottavien kuitutelojen läpimenoaika

PK2:n telahiomakoneella hiotaan yleensä vain superkalanterin kuituteloja, jolloin muiden telojen läpimenoajan laskeminen ei olisi mielekäästä. Koska kyseessä olevalla telahiomakoneella hiotaan ominaisuuksiltaan ja mitoiltaan samanlaisia teloja, niin usean työvaiheen asetusajat jäävät hyvin pieniksi tai kokonaan pois. Tällöin telaa vaihdettaessa ei tarvitse tehdä suuria muutoksia eri asetuksiin. Läpimenoaikoja laskettaessa suurin muuttuja niissä on hiomiseen kuluva aika, joka on riippuvainen hiottavan telan kunnosta. Muiden työvaiheiden kestoille voidaan antaa ohjeellisia arvoja, joiden välillä kyseinen vaiheaika vaihtelee tapauksesta riippuen. Paperitelan eli puuvillapinnoitteen telan läpimenoaika on noin 2 – 8 tuntia. Polymeeri–telan läpimenoaika noin 8 tuntia ja nomex–telan noin 4 tuntia. On huomioitava, että polymeeritelaa pyöritetään ja jäähdytetään noin 1 viikko ennen kuin sitä voidaan aloittaa hiomaan. Nomex–telalla on myös vastaava pyöritys- ja jäähdytysaika. Seuraavassa taulukossa 16 on esitetty PK2:n telahiomakoneella kuitutelojen työstöön kuuluvien eri työvaiheiden vaiheaikoja. [5]

Taulukko 16. PK2:n telahiomakoneen vaiheaikoja [5]

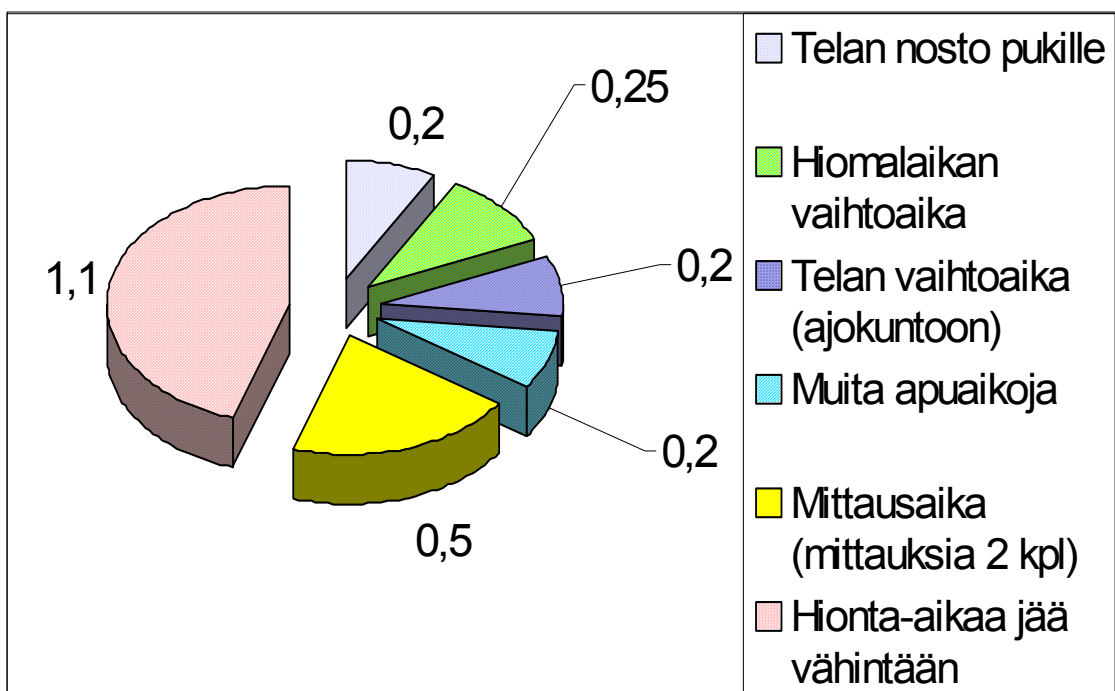
PK2

Läpimenoaika

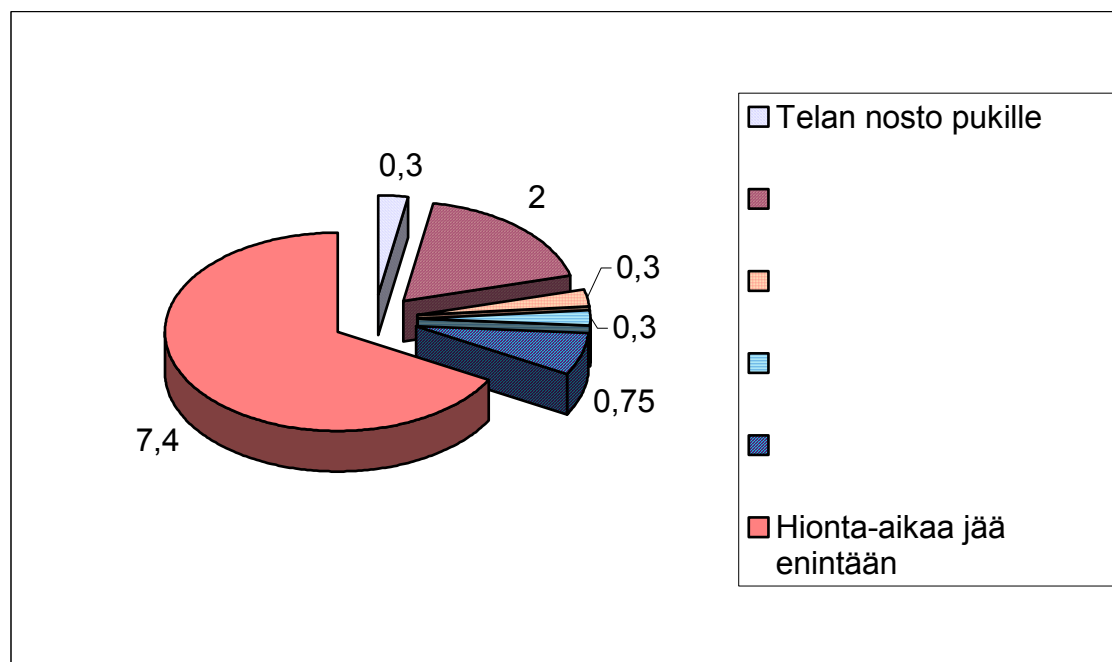
noin 2 – 8 h /tela

Eri vaiheet	Aika	
	h (vähintään)	h (enintään)
Telan nosto pukille	0,2	0,3
Hiomalaikan vaihtoaika	0,25	2
Laikoilla hiotaan noin 80-100 telaa.		
Telan vaihtoaika (ajokuntoon)	0,2	0,3
Muita apuaikoja	0,2	0,3
Mittausaika (mittauksia 2 kpl)	0,5	0,75
Hionta-aikaa jää (sis. koneen muutkin liikeajat)	1,1 - 2,1	6,1 - 7,4
Kokonaisläpimenoaika	2	8

Seuraavassa kuvassa 20 on esitetty vähimmäisajat eri työvaiheiden ajoille leikatulla ympyrädiagrammilla. Kuvassa 21 on esitetty eri työvaiheiden enimmäisajat leikatulla ympyrädiagrammilla.



Kuva 20. Diagrammi PK2:n telahiomakoneen vähimmäisvaiheajoista tunteina



Kuva 21. Diagrammi PK2:n telahiomakoneen enimmäisvaiheajoista tunteina

7.1.2 PK4:llä hiottavien telojen läpimenoaika

Läpimenoaikaan vaikuttavat useiden eri työvaiheiden ajat, jotka yhteen laskemalla saadaan kyseessä olevan telan läpimenoaika laskettua. Joidenkin

työvaiheiden ajat ovat riippuvaisia hiottavasta telasta ja sen ominaisuuksista. Tällöin ei pystytä välttämättä määrittämään tarkkoja aikoja kaikille telahionnan työvaiheille. Joidenkin työvaiheiden ajat riippuvat lisäksi kyseistä telaa edeltävänä hiottavana olleen telan ominaisuuksista, jolloin voidaan joutua vaihtamaan esimerkiksi hiomalaikkaa, telan käytön kytkimiä, telan kannatuspukkeja ja lastuamisnestettä. Jos telahiomakoneella on peräkkäin hiottavana samanlaisia tai ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia teloja, niin silloin läpimenoaika nopeutuu viimeisiä teloja kohden, mutta tällöin on huomioitava, että telat ovat kunnoltaan saman tasoisia. Suurin muuttuja teloja hiottaessa on telan hiomiseen kuluva aika, joka voi telatyypeistä riippuen vaihdella suurestikin. Muiden työvaiheiden vaiheajoille voidaan antaa ohjeellisia arvoja, joiden välillä kyseisen vaiheen aika vaihtelee tapauksesta riippuen. Seuraavassa taulukossa 17 on esitetty eri työvaiheiden vaiheajoja PK4:n telahiomakoneella ja taulukossa 18 on annettu läpimenoaikoja muutamalle PK4:n telalle. [4]

Taulukko 17. PK4:n telahiomakoneen vaiheajoja [4]

PK4

Läpimenoaika

Noin 24-40 h /tela

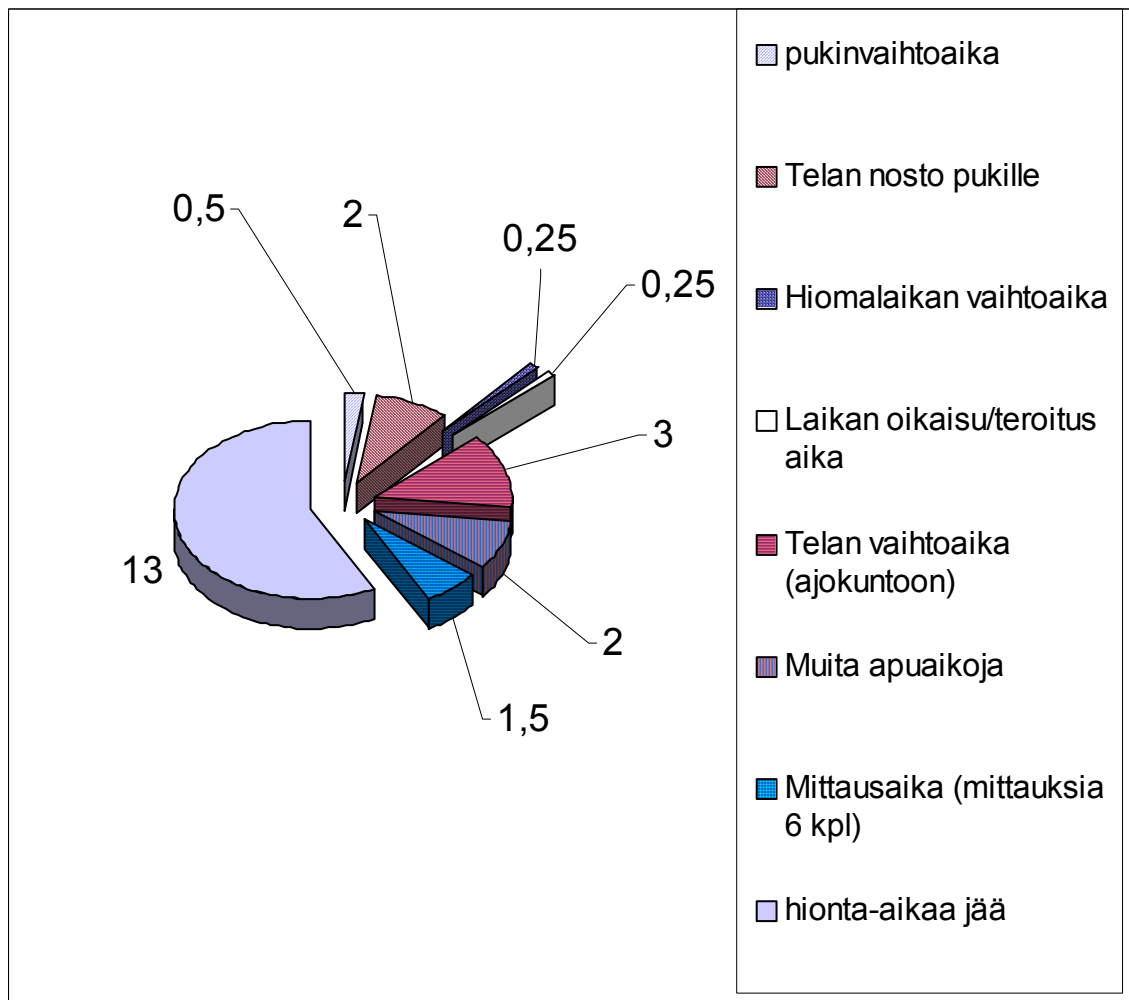
Eri vaiheet	Aika	
	h (vähintään)	h (enintään)
Pukinvaihtoaika	0,5	1
Telan nosto pukille	2	3
Hiomalaikan vaihtoaika	0,25	0,5
Laikan oikaisu/teroitusaika	0,25	0,5
Telan vaihtoaika (ajokuntoon)	3	5
Muita apuaikoja	2	3
Mittausaika (mittauksia 6 kpl)	1,5	3
Hionta-aikaa jää (sis. koneen muutkin liikeajat)	13 - 17,5	29 - 33,5
Kokonaisläpimenoaika	24	40
	3 pv	5 pv

Taulukko 18. PK4:n telojen läpimenoaikoja[4]

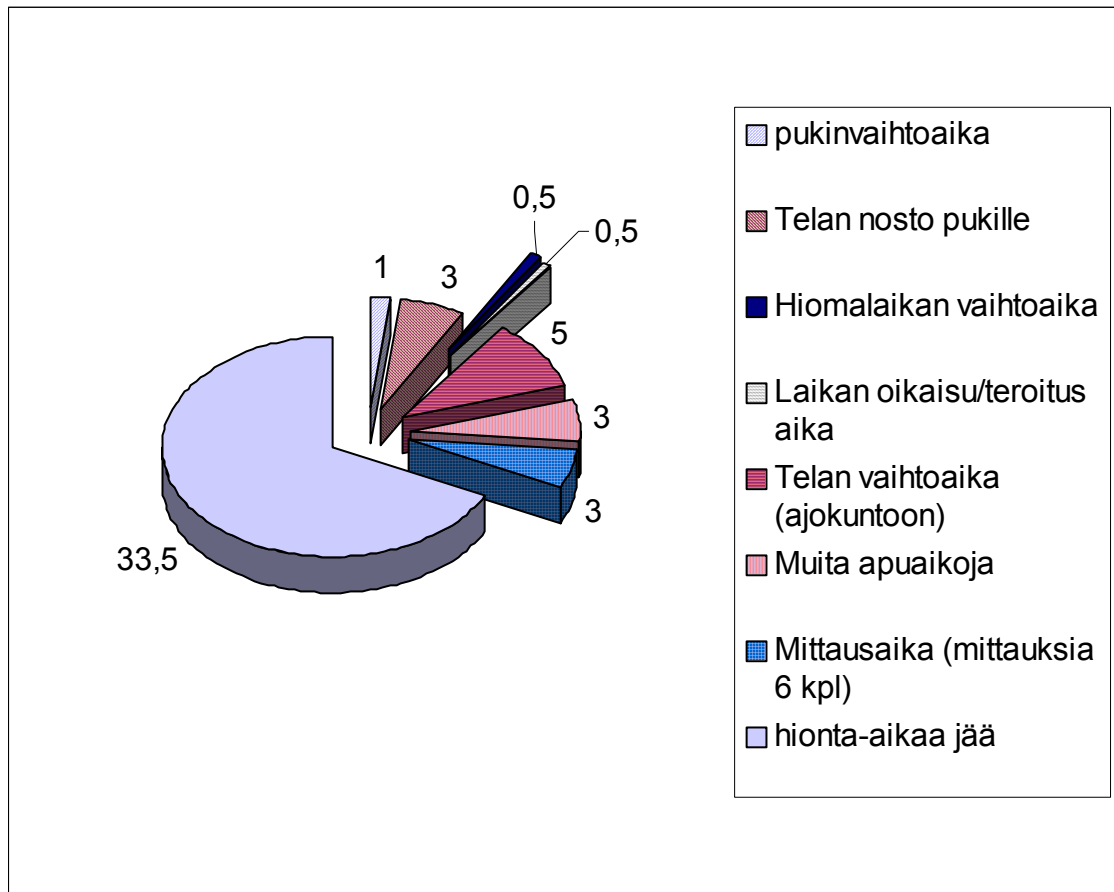
Läpimenoaikoja	aika	
Puristimen imutela	24 - 32	h

Puristimen imutela huonokuntoinen	32 -	h
Keskitela Dynarok	32 - 40	h
Kalanterin kokilli	32 - 40	h
PuristimenTK-tela	32 - 40	h
Kalanterin TK-tela	32 - 40	h

Seuraavassa kuvassa 22 on esitetty vähimmäisajat eri työvaiheiden ajoille leikatulla ympyrädiagrammilla. Kuvassa 23 on esitetty eri työvaiheiden enimmäisajat leikatulla ympyrädiagrammilla.



Kuva 22. Diagrammi PK4:n telahiomakoneen vähimmäisvaiheajoista tunteina



Kuva 23. Diagrammi PK4:n telahiomakoneen enimmäisvaiheajoista tunteina

7.2 Hiontatehokkuus

Hiontatehokkuus pystytään määrittämään, kun tiedetään hiottavan telan halkaisija ja pyörimisnopeus sekä hiomalaikan hiontasyvyys ja pituussyöttö. Kyseisiä arvoja käyttämällä saadaan lasketuksi poistuva materiaalivirta minuuttia kohden. Tästä saadaan muunnettua yleisesti käytössä oleva hiontatehokkuuden tunnusluku, joka on kuutiosenttimetriä tuntia kohti [cm^3/h]. Hiontatehokkuuden laskeminen antaa jonkinlaisen näkemyksen kyseessä olevan telan hionnasta, siihen käytetystä hiomalaikasta ja hiontamenetelmästä. Seuraavassa kaavassa 1 on esitetty hiontatehokkuuden laskeminen:

$$\dot{V} = af \pi dn \quad , \quad (1)$$

missä \dot{V} = poistuva materiaalivirta [mm^3/min]
 a = hiontasyvyys pinnassa [mm]

f = pituussyöttö [mm/kierros]

d = telan halkaisija [mm]

n = telan pyörimisnopeus [kierrosta/min]

Kyseisellä kaavalla (1) hionnan tehokkuutta laskettaessa voidaan todeta, että yhden osatekijän arvojen muutos muiden arvojen pysyessä muuttumattomana on suoraan verrannollinen hiontatehokkuuden muutokseen. Hiontatehokkuuden laskeminen edellyttää edellä mainittujen lähtötietojen tuntemista. Näistä tiedoista voi olla hankalaa tai mahdotonta saada lasketuksi hiontatehokkuuden arvoja, esimerkiksi kalanterin kokillitelojen hionnassa hiontasyvyyden määrittely on mahdotonta, koska telan halkaisijan pienentymä voi olla vain noin 0,01 mm koko hionnassa. [4]

Hiontatehokkuus voidaan laskea paljon helpommin esimerkiksi puristimen imutelan polyuretaanipinnoitteen hionnasta, jossa hiontasyvyys voi olla 0,025 – 0,1 mm. Myös superkalanterin kuitutelojen hionnasta voidaan hiontatehokkuus määrittää hyvin helposti. Kuituteloja hiottaessa hiontasyvyys on noin 0,01 – 0,3 mm. Hiominen PK2:n kaksilaikkaisella telahiomakoneella on tehokkaampaa kuin hiominen yksilaikkaisella telahiomakoneella. Esimerkkejä kuitutelojen hionnan tehokkuusluvuista on laskettuna kaavalla (1) seuraavassa taulukossa 19.

Taulukko 19. Esimerkkejä kuitutelojen hionnan tehokkuusluvuista [5]

Tela	Pinnoite	Halkaisija	Pyörimisnopeus	Hiontasyvyys	Pituussyöttö	Tehokkuus
		[mm]	[kierrosta/min]	[mm]	[mm/kierros]	[cm ³ /h]
Kuitutela	puuvilla	550 – 660	8 - 12	0,05 - 0,3	25 – 50	1040 - 22400
Kuitutela	polymeeri	550 – 630	8 - 12	0,01 - 0,1	25 – 45	207 - 6412
Kuitutela	nomex	550 – 630	8 - 12	0,01 - 0,1	25 – 45	207 - 6412

Kyseisten kuitutelojen tehokkuusluvut on helppo laskea, koska niiden työstöarvot ovat helpommin saatavissa. Seuraavassa taulukossa 20 on esitetty PK4:n puristimen imutelan hionnan tehokkuusluvun vaihteluväli. Tehokkuusluvut laskettu kaavalla (1).

Taulukko 20. Puristimen imutelan hionnan tehokkuuden vaihteluvälit [4]

Tela	Pinnoite	Halkaisija	Pyörimisnopeus	Hiontasyvyys	Pituussyöttö	Tehokkuus
PK4:n		[mm]	[kierrosta/min]	[mm]	[mm/kierros]	[cm ³ /h]
Puristimen imutela	polyuretaani	1360	8	0,025	30 – 45	1540 – 2307

7.3 Hionta-aika

Hionta-aika voidaan laskea, kun tunnetaan telan pyörimisnopeus, hiomalaikan pituussyöttö ja telan hiottava pituus. Tällä saadaan se aika, mikä kuluu yhteen hiontakertaan telan päästä päähän. Jos tiedetään, kuinka monesti telaa joudutaan hiomaan päästä päähän, voidaan laskea kokonaishionta-aika. Yleensä tätä on erittäin vaikea määrittää, koska ennen hionnan aloittamista ei voida tietää, kuinka monesti telaa joudutaan hiomaan päästä päähän ennen kuin se on valmis. Myös erilaiset muuttuvat tekijät vaikuttavat hionta-aikaan. Esimerkiksi hiomalaikan pituussyöttöä voidaan joutua pienentämään tai laskemaan telan kierrosnopeutta, jolloin hionta-aika pitenee. Yleensä viimeistelyhionnassa joudutaan pienentämään hiomalaikan pituussyöttöä ja telan pyörimisnopeutta. Hionta-aika voidaan laskea kaavalla

$$t = \frac{L}{fn} ,$$

missä t = hionta-aika [min]

L = telan hiottava pituus [mm]

f = hiomalaikan pituussyöttö [mm/kierros]

n = telan pyörimisnopeus [kierrosta/min]

8 HIOMALAIKAN VALINTA

8.1 Yleistä

Hiomalaikkaa valittaessa on tunnettava hiomalaikkojen, hiottavan telan ja telahiomakoneen ominaisuudet. Hiomalaikan valinta on hiomisprosessin onnistumisen kannalta erittäin tärkeää. Lisäksi on tunnettava myös hionta-ajan merkitys hiomalaikkaa valittaessa ja huomioitava työn optimaalinen tehokkuus. Väärin tai huonosti valitulla hiomalaikalla telan hionta voi epäonnistua ja pahimmassa tapauksessa pilata telapinnan.

8.2 Perusteet

Hiomalaikan valinnassa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin [2]:

- hiottava aine, sen kovuus ja sitkeys, telan muoto ja rakenne
- poistettava ainemäärä, vaadittu mittatarkkuus sekä haluttu pinnanlaatu
- kosketuspinnan suuruus telan ja hiomalaikan välillä
- käytettävä hiomakonetyyppi, sen ominaisuudet ja kunto.

Kyseiset tekijät määräävät ne lastuamisolosuhteet, joissa hiomalaikka toimii. Seuraavassa on käsitelty hiomalaikan valinnan periaatteita hiomalaikkojen erilaisten ominaisuuksien mukaan. Hiomalaikan ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä on käsitelty aiemmin kohdassa 4.3. [2]

8.2.1 Hionta-aineen valinta

Hioma-ainetta valittaessa on kiinnitettävä huomioita hiottavan aineen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Korundia eli alumiinioksidia käytetään pitkälastuisille suuren vetolujuuden omaaville aineille eli vaikeasti lastuttaville materiaaleille. Tällaisia materiaaleja ovat karkaistu ja karkaisematon seostettu ja seostamaton teräs, hehkutettu ja adusoitu valu, takorauta, pronssi, valuteräs ja seostetut kevytmetallit. Piikarbidia eli SiC:tä käytetään hauraille ja lyhytlastuisille materiaaleille. Näitä materiaaleja ovat valurauta, hehkuttamaton adusoitu valu, messinki, alumiini, kupari, lasi ja muut ei-metallit. Hioma-aineiden

teräaineita ja soveltuvuutta erilaisille pinnoitemateriaaleille käsitelty tarkemmin kohdassa 4.2. [2, 3]

8.2.2 Karkeuden valinta

Hiomalaikan karkeus tulee valita hiottavan aineen mukaan siten, että mitä pehmeämpää hiottava aine on, sitä karkeampi eli isorakeisempi hiomalaikka tulee valita. Jos hiottavalta työkappaleelta vaaditaan hyvää pinnanlaatua, tulisi hiomalaikaksi valita hienorakeinen hiomalaikka. Hienolla hiomalaikalla kuitenkin aineenpoistokyky heikkenee. Hiomalaikoissa voidaan käyttää myös samaan aikaan usean kokoisia hiomarakeita. Myös keskikarkeilla ja karkeilla hiomalaikoilla voidaan saavuttaa hyvä pinnanlaatu, jos laikka teroitetaan timantilla hienoksi ja työkappaleen nopeutta vähennetään. [2, 3]

8.2.3 Kovuuden valinta

Hiomalaikan kovuus valitaan sitä pehmeämmäksi, mitä kovempaa hiottava pinta on. Myös hiomalaikan ja työkappaleen kosketuspinnan kasvaessa valitaan sitä pehmeämpi hiomalaikka, mitä suurempi kyseinen kosketuspinta on. Tämä tulee esille teloissa, joissa on suuri halkaisija. Hiomalaikan ja työkappaleen nopeuseron ollessa suuri on valittava sitä pehmeämpi hiomalaikka, mitä suurempi nopeusero on ja päinvastoin. Timanttihiomalaikkoja käytetään erittäin koville erikoispinnoitetuille teloille. Kuluneessa ja värinäherkässä hiomakaran laakerissa tarvitaan pehmeämpi hiomalaikka verrattuna hyväkuntoiseen hiomakoneeseen. [2, 3]

8.2.4 Rakenteen valinta

Pehmeät ja sitkeät materiaalit vaativat avoimen hiomalaikkarakenteen, jolloin hiomarakeiden välillä on riittävästi lastutilaa. Mitä parempi pinnanlaatu halutaan, sitä tiheämpi on hiomalaikan rakenteen oltava. [2]

8.2.5 Sideaineen rakenne

Vaadittaessa hyvää pinnanlaatua valitaan bakeliitti tai sellakkasidottu hiomalaikka. Keraamisesti sidotut hiomalaikat kestävät alle 33 m/s kehänopeuksia ja ne ovat tarkoitettu tarkkuushiontaan. Jos hionnassa tarvitaan suuria kehänopeuksia, valitaan sideaineeksi orgaaninen sideaine. Sellakkasidosteinen hiomalaikka on hyvä kevyissä ja tarkkoissa hiontatyöstöissä, koska se purkautuu pienillä hiontakuormilla. Sellakkasideaineiset hiomalaikat soveltuvat hyvin viimeistelyhiontaan. [2, 3, 4]

8.3 Hiomalaikan valinta perusteet

Hiomalaikkaa valittaessa on kiinnitettävä huomiota useisiin tässä työssä esitettyihin seikkoihin, jotka vaikuttavat siihen, kuinka hyvin valittu hiomalaikka soveltuu kyseessä olevaan hiontatyöhön. Edellisissä kohdissa esitettyjen hiomalaikan ominaisuuksien perusteella pystyy määrittämään jo hyvin pitkälle sen, millainen kyseessä olevaan hiontatyöhön sopivan hiomalaikan tulisi olla. Hiomalaikkasuosituksia annettaessa on muistettava, että telahiontatapahtumassa kaikki vaikuttaa kaikkeen, eikä absoluuttista totuutta ole olemassa. Täten esimerkiksi ei voida sanoa, että jossain muualla toimiva hiomalaikka toimisi yhtä hyvin toisaalla. Lisäksi käytettäessä suositeltuja työstöarvoja on huomioitava, että työstöarvot, kuten hiomalaikan sopivuuskin, ovat aina yleensä telahiomakonekohtaisia. Toki muualta saadut hyvät kokemukset voivat antaa paljon hyödyllistä ja opastavaa tietoa hiomalaikan ja työstöarvojen valintaan. Kaikkein varmimpia suosituksia hiomalaikan valinnasta voi antaa kokenut telahioja, joka on hionut kyseisellä telahiomakoneella aiemmin vastaavanlaisia hiontoja, mihin hiomalaikkaa ollaan valitsemassa.

8.4 Hiomalaikan valinta suositusten perusteella

Eri lähteissä suositeltuja hiomalaikkoja erilaisille teloille ja telapinnoitteille voidaan käyttää hiomalaikan valinnassa siten, että ne antavat suuntaa antavaa tietoa. Yleisesti voidaan todeta, että hiomalaikka tulisi valita ainakin yhtä astetta

pehmeämmäksi kuin suosituksissa. Liian kovaa hiomalaikkaa ei saada käyttäytymään pehmeämpänä, kun taas pehmeä hiomalaikka voidaan saada helpommin vaikuttamaan kovalta. Toisaalta liian pehmeä hiomalaikka kuluu nopeasti. Lisäksi hiomalaikkavalinnoissa on huomioitava telahiomakoneen kunto. Huonokuntoinen telahiomakone vaatii pehmeämmän hiomalaikan kuin hyväkuntoinen telahiomakone.

8.5 Hiomalaikkasuosituksia erilaisille telatyypeille

Yleistä

Hiomalaikkojen valintaan ja työstöarvoihin on saatu suosituksia eri tahoilta, joita ovat hiomalaikkavalmistajat ja telapinnoitevalmistajat. Nämä suositukset on kerätty siinä laajuudessaan, missä ne on ollut mahdollista saada. Suosituksista on aina huomioitava se, että ne ovat annettu erilaisille telahiomakoneille ja niitä laativat eri henkilöt. Täten on muistettava, että hiomalaikkavalinnoissa ei ole absoluuttista totuutta.

8.6 Hiomalaikkasuositukset

Hiomalaikkasuosituksista ensimmäisenä liitteenä A on kirjattu Kajaanin tehtaan telahiojilta saadut tiedot hiomalaikoista, joita he käyttävät telojen hiontaan. Seuraavana liitteenä B on eri tehojen antamia suosituksia hiomalaikoista ja mahdollisesti työstöarvoista. Eri tahojen hiomalaikkasuositukset ovat liitteessä B satunnaisessa järjestyksessä.

8.7 Hiomalaikan valintataulukko

Seuraavassa taulukossa 21 esitetyt valintaohjeet hiomalaikkojen ominaisuuksista on annettu Kajaanin PK4:n telahiomakoneen hiontatöihin. Valintasuositukset perustuvat Kajaanin tehtaan telahiojien haastatteluihin sekä eri lähteistä saatuihin tietoihin. Valintataulukosta voidaan lukea suuntaa antavaa tietoa hiomalaikan ominaisuuksista. Hiomalaikkaa valittaessa kannattaa katsoa myös liitteinä olevat taulukot Kajaanin tehtaalla käytössä olevista hiomalaikoista

ja eri tahoilta saaduista hiomalaikkasuosituksista. Valintataulukosta ei löydy kaikkia eri telapinnoitteita niiden kauppanimien mukaan, jolloin hiomalaikan valinta tulee tehdä lähes vastaavanlaisen telapinnoitteen perusteella, mille ollaan hiomalaikkaa valitsemassa. Valintataulukossa hioma-aine on määritelty vain pelkän hioma-aineen mukaan, vaikka niistä on olemassa valmistajakohtaisia spesifikaatioita erilaisille telapinnoitemateriaaleille. Erilaisille telapinnoitteille sopivat hioma-aineet olisi hyvä tarkistaa hiomalaikkavalmistajan suosituksista. Myös hiomalaikkojen kovuuksien erot voivat vaihdella hiomalaikkavalmistajien välillä.

Taulukko 21. Hiomalaikan valintataulukko

Pinnoite materiaali	Hioma-aine	Karkeus	Kovuus	Avoimuus	Sideaine
Polyuretaani	A, C	40 - 80	G, H, (I)	10 - 20	V
Pehmyt kumi	A, C	10 - 30	G, H, (I)	8 - 20	V, B
Keskikova kumi	C	30 - 60	H, I, (J)	10 - 23	V
Kova kumi	C	50 - 70	J, K, L	10 - 23	V, B
Terästela	A, C	80 - 120	I, J, K	2 - 8	E, B
Kokillivalurauta	C	80 - 120	H, I, J, K	8 - 15	E, B
Ruostumaton	A, C	30 - 60	H, I, J	2 - 8	E, B
Cromattu	A	60 - 80	H, I, J	2 - 8	V

8.7.1 Sideaineen valinnasta

Sideainetta valittaessa on muistettava, että Kajaanin tehtaalla tehtävät telahionnat ovat pääsääntöisesti viimeistelyhiontaa alusta loppuun, jolloin hiomalaikkaa kuormitetaan hyvin vähän telan pintaan nähden. Tällöin laicalta vaaditaan ominaisuutta pysyä terävänä ja avoimena. Tämän vuoksi hiomalaikkojen sideaineeksi tulisi useimmissa tapauksissa valita sellainen sideaine, joka purkaantuu kohtuullisen pienillä hiontakuormilla. Tällainen sideaine on muun muassa sellakka.

9 YHTEENVETO

9.1 Hiomalaikan valinta

Hiomalaikan valinta on monien tekijöiden summa, jossa ei ole ehdotonta totuutta. Hiomalaikan valintaan voivat vaikuttaa myös henkilökohtaiset mieltymykset ja tottumukset, mutta telahiomisprosessin kannalta hiomalaikkaa valittaessa on huomioitava lukuisia telahionnan ja telojen ominaisuuksien muuttujia, joiden yhteisvaikutuksien perusteella hiomalaikka tulisi valita. Yhden parametrin muuttuessa telahionnassa tai telan ominaisuuksissa voi olla hyvin vaikeaa määritellä, mitä hiomalaikan ominaisuuksista tulisi muuttaa ja mihin suuntaan. Toki on myös olemassa selviä muuttujia, joiden suhteen hiomalaikan ominaisuudet määräytyvät. Nämä tekijät ovat telahiontaan perehtyneelle henkilölle helpommin hahmotettavissa. Hiomalaikan perusteellista valitsemista varten olisi tunnettava telahiomisprosessi yhtä hyvin kuin telahiojat sen tuntevat. Tässä työssä on käsitelty telahiomakoneen ominaisuuksista aina telojen hionnan kautta laikan valintaan asti tapahtuvia muuttujia ja ominaisuuksia, joiden perusteellinen tuntemus auttaa valitsemaan parhaiten sopivia hiomalaikkoja erilaisille teloille ja telapinnoitteille. Täten voidaan sanoa, että telahionnassa kaikki vaikuttaa kaikkeen, myös hiomalaikan valintaan.

9.2 Työstöarvot

Työstöarvojen valinta niin kuin myös hiomalaikan valintakin on monen muuttujan summa, jolloin ei voida sanoa, että olisi olemassa yhdet oikeat työstöarvot. Työstöarvot määräytyvät monien tässä työssä esitettyjen tekijöiden summana. Esimerkiksi värähtelyn tasot on yksi suurimmista tekijöistä, joka voi vaikuttaa telahionnan työstöarvojen määräytymiseen. On myös muistettava, että telanhioimisessa hiomisprosessi ei aina välttämättä lähde menemään niin hyvin kuin telahioja on sen suunnitellut, jolloin työstöarvoja on muutettava. Täten ne ovat aina tapauskohtaisia.

9.3 Läpimenoajat

Läpimenoajat kartoitettiin PK2:n ja PK4:n telahiomakoneilta. Läpimenoaika ositettiin eri työvaiheisiin, joiden ajat selvitettiin. Työvaiheiden ajoissa ilmeni vaihteluvälejä riippuen monista eri tekijöistä, kuten esimerkiksi telojen hiontajärjestyksestä. Läpimenoaikojen suurimmaksi muuttujaksi jäi varsinainen telan hiomiseen kuluva aika, jossa saattoi olla suuriakin eroja.

9.4 Tehokkuus

Tehokkuutta saatiin kartoitettua vain osalle teloista, sillä kaikille teloille ei pystytty määrittelemään selkeitä työstöarvoja, joiden perusteella tehokkuutta olisi laskettu. Tehokkuuden tuloksina saatiin määriteltyä tehokkuusluvun vaihteluvälit riippuen telan työstöarvoista. Tehokkuuden määrittelyssä yhtenä pohtimisen aiheena on se, että teloista poistuvan ainemäärän tulisi olla suuri tehokkuuden ollessa hyvä, mutta telapinnoitemateriaalista pyritään kuitenkin poistamaan ainetta niin vähän kuin se on mahdollista kalliin telapinnoitteen säästämisen vuoksi.

Tehokkuutta laskettiin ohjelmalla, jonka lähtötiedoiksi tarvitaan telan halkaisija ja pyörimisnopeus, hiomalaikan hiontasyyvyys sekä pituussyöttö yhtä telan kierrosta kohden. Kyseinen ohjelma on tämän työn sähköisen muodon mukana ja se on laadittu Microsoft Excel –ohjelmalla.

LÄHDELUETTELO

- 1 Arjas, A. Paperin valmistus III osa 2. 2., täysin uudistettu painos. Suomen paperi-insinöörien yhdistyksen oppi- ja käsikirja, 1983. 1343 s. ISBN 951-99479-1-4.
- 2 Räisänen, M. Paperitehtaan telojen koneistuksen kehittäminen. Oulun yliopisto, 1989. Diplomityö.
- 3 Kaukonen, A. Paperikoneen kalanterintelojen sekä graniittitelan hionnassa syntyvien muotoepöikkeamien tutkimisesta. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, 1980. Diplomityö.
- 4 Haastattelu, telahioja Mankinen Jorma, UPM-Kymmene Oyj Kajaani, 10.02.2003.
- 5 Haastattelu, telahioja Kuntsi Pekka, UPM-Kymmene Oyj Kajaani, 17.02.2003.
- 6 Telahiomakoneen tekniset tiedot, Waldrich siegen WST IV H 80 x 12500. Telahiomakoneen dokumentit.
- 7 RollCall2- ja RollControl -laitteiden käyttöohjeet. UPM-Kymmene Oyj. Moniste.
- 8 Heinonen, K. Hionta ja hionnan teräaineet. Espoon teknillinen korkeakoulu, 2001. Tutkielma.
- 9 SFS 3970 Hiomalaikat. Hiomalaikkojen laatumerkintä. Suomen standardisoimisliitto, 1977. 2 s.
- 10 SFS 3966 Hiomalaikat. Mitat ja muodot. Suorat hiomalaikat. Suomen standardisoimisliitto, 1977. 1 s.
- 11 Myöhänen, T. Laikkojen muotoilu ja teroitus. Maanterä Oy, 1981. Moniste.
- 12 Precision grinding wheels. Rappold-hiomalaikkojen tuote-esite, 1999/2000. Tuote-esite.
- 13 Laurila, T. Paperikoneen telojen materiaalit, rakenne ja vauriot. UPM-Kymmene Oyj, 1992. Moniste.
- 14 TK -telojen kunnossapito ja sen jälkeinen kunnonvarmistus. UPM-Kymmene Oyj, 1994. Raportti.
- 15 Rämänen, R. Hiontatoleranssien ohjeavot paperikoneen teloille. UPM-Kymmene Oyj Kaipola, 1994. Moniste.

- 16 Suunnitteluohje telan mitoille. Valmet Rautpohjan tehdas (nykyisen Metso Oyj:n). Moniste.
- 17 Paper roll grinding. Tyrolit–hiomalaikkavalmistajan ohje, 1998. Tuote-esite.
- 18 Toimintajärjestelmä, Kajaanin tehdas. UPM-Kymmene Oyj Kajaani intranet, luettu 26.3.2003.

PK2	Pinnoite	Ra	Hiomalaikka	Lisätietoja
Ohj.tela,Rintatela	Black-Diamond		C 46-60 L,M,N 8-12 sideaine Keraaminen	
Puristimen imutela	AKHYDRIL GG		Tyrolit 89A 462 I 10 A V227A	
Huovan johto/ohj.tela	KOVAKUMI		C 46-60 L,M,N 8-12 sideaine Keraaminen	
SYM-ZLC (keskitela)	VALROK S	1-1,2	Ei hiota (vain superfinish karhennus)	
Kuivaosan tela. Palaut./ohj.tela	TERÄS		Norton 37C100-IE6	
SC-kalenteri (vetokokillit.)	CROMATTU		89A 80 I 7 VP	
Viiran imutela	VK-A378		Norton 37C100-IE6	
Pick-up	3 RE 60		Norton 37C100-IE6	
3 purist.ylätela(VALR-613)	GRS 300		Ei hiota (vain superfinish karhennus)	
SC:n kuitutela	Nomex		25 A 601 I 79 VP MCNN Universal	tai: A 80 E 13 N53P 1 Noritake
SC:n kuitutela	Polymeri	alle 0,5	26 A 601 I 79 VP MCNN Universal	Viimeistely nauhahionnalla(kark.400)
SC:n kuitutela	Puuvilla		27 A 601 I 79 VP MCNN Universal	tai: A 80 E 13 N53P 1 Noritake

PK3	Pinnoite	Ra	Hiomalaikka	Lisätietoja
Ohj./pal.tela	Black-Diamond		C 46-60 L,M,N 8-12 sideaine Keraaminen	
VIV1 & 2 Vetotelat	AKHYDRIL G		8A H2-3 H12 V155P	
kulutela	KOVAKUMI		C 46-60 L,M,N 8-12 sideaine Keraaminen	
vetotela (VIT1.)	WEARROCK		Jos kova WEARROC => GC303-L6-BR	Pehmeille => 8A H2-3 H12 V155P
Johto/ohj.tela	WearR		Jos kova WEARROC => GC303-L6-BR	Pehmeille => 8A H2-3 H12 V155P
Pur.imutela	POLYLAST		Tyrollit 89A 462 10 A V227A	
huovan ohj.tela	OK-CROMO		89A 80 7 VP	
Kokilli (B-S)	Kokillivalur.	alle 0,1	Norton 37C100-IE6	
Tambourirauta	POLYURETAANI		Tyrollit 89A 462 10 A V227A	
Viiran imutela	3RE60 SRG		Norton 37C100-IE6	
Pick-up	MART.TERÄS		Norton 37C100-IE6	

PK4	Pinnoite	Ra	Hiomalaikka	Lisätietoja
Pal./ohj.telat	Black-Diamond		C 46-60 L,M,N 8-12 sideaine Keraaminen	
pur. P25 (palautustela)	KOVAKUMI		C 46-60 L,M,N 8-12 sideaine Keraaminen	
pur.P6(pal.tela)Viir.pal./ohj.tela	WearROC		Jos kova WEARROC => GC303-L6-BR	Pehmeille => 8A H2-3 H12 V155P
Pur.imutela	POLYLAST		Tyrolit 89A 462 I 10 A V227A	
huovan ohj.tela P28 (0+1 P&J)	OK-CROMO		89A 80 I 7 VP	
Keskitela	DYNAROK		Norton 37C100-IE6	Laikkaan tehtävä timantoimalla
Vetotela 2	FABCOATE		8A H2-3 H12 V155P	lastulle tilat(uritus)
Vetotela 4(15 P&J),Pal/ohj.tela	FABMATE		8A H2-3 H12 V155P	
Pur.imutela	POLYURETAANI		Tyrolit 89A 462 I 10 A V227A	
Viiran imutela	VK-A171		Norton 37C100-IE6	
Tambourirauta	SPOOLMATE		Tyrolit 89A 462 I 10 A V227A	
kalanterin kokillitela	Kokillivalur.	alle 0,1	Norton 37C100-IE6	

Specification recommendation for starting

material	specification	application
chilled cast iron	B 91 L125 VD 49 VV	rough grinding
	1C 46 J 4 B 10 L	rough grinding alternative
	1C 80 J 5 B 10 L	finish grinding
	C 150 I 5 B 10 K	fine grinding
grey cast iron	1C 46 J 4 B 10 L	rough grinding and finish grinding
	C 150 I 5 B 10 K	fine grinding
	89A 80 1 J 8A V 217	rough grinding and finish grinding
hard chrome	89A 220 I 4 B 0 K	fine grinding

Specification recommendation for starting



material	specification	grinding	application
ceramic coating	D 126 C	60 B 52 BA	rough grinding
	D 46 C	60 B 52 BA	finish grinding
tungsten carbide plasma + sintered	D 126 C	60 B 52 BA	rough grinding
	D 46 C	60 B 52 BA	finish grinding
tungsten carbide high speed coating	D 91 M 5	125 VD 46 VV	rough grinding
			Ra > 0,4 μ

Specification recommendation for starting

material	specification	application
Soft rubber & Polyurethane	89A 542 K 30 V 217 W2 A 89A 541 J 12 V 227 P3 A 89A 80 H 10 V 227 P3 A	rough grinding rough grinding alternative finish grinding
Hard rubber Shore D < 85	C 541 I 10 A V 18 P23 A C 902 I 10 A V 18 P23 A	rough grinding finish grinding
Hard rubber Shore D > 85	D 126 C 60 B 52 BA C 902 I 10 A V 18 P23 A	rough grinding finish grinding

Tyrolitin hiomalaikkasuositukset 1992

	TELAHIONTA PAPERITEOLLISUUDESSA	
LAATUSUOSITUKSET:		
TYÖKAPPALE	HIONTATAPA	LAATU
KOVAVALUTELA 52-57 HRC	ESIHIONTA VIIMEISTELYHIONTA	67B91P8100VD13NVV 1C80J5B10L
KOVAPINNOITETELA YLI 82 SHORE D	ESIHIONTA VIIMEISTELYHIONTA	11D126C60B52BA 11D46C60B52BA
KOVAPINNOITETELA 85 SHORE D ASTI	ESI/VIIMEISTELY- HIONTA	89A54K30V217W2A
POLYURETAANITELAT	ESI/VIIMEIST.HIONTA	89A541J12V227P3A
PEHMYTKUMITELAT 10-240 PLASTOMETRIÄ	ESI/VIIMEISTELY- HIONTA	89A541J12V227P3A
KOVAKUMITELAT 0-1 PLASTOMETRIÄ	ESI/VIIMEISTELY- HIONTA	C80L10AV18P3A
RUOSTUMATTOMAT TELAT	ESI/VIIMEIST.HIONTA	M50C36I4B0K
TERÄSTELAT ST 37/ST 50	ESI/VIIMEIST.HIONTA	50A462K6AV217
GRANIITTI	ESI/VIIMEIST.HIONTA VAIHTOEHTOISESTI:	11D252C60B52BA
	ESIHIONTA	C206K5V18
	VIIMEISTELYHIONTA	C60J4B10L
TAVALLISIMMAT KOOT:		
AL.OKS.- JA PIIKARB.-HIOMALAIKAT	D x T x H 750(600) x 80 x H	D - U - X
BAK.SIDOTUT TIMANTTI- JA CBN-LAIKAT	600 x 40 x H	600 -40-4
KERAAMISESTI SID. CBN-HIOMALAIKAT	750(600) x 30 x H	750(600)-30-5

STOWE WOODWARD FINLAND OY

VIIMEISTELYHIONTA
SWF:N SUOSIUS

15.10.1999 RMC

PÄÄLLYSTE	KUMITELAT	KUMITELAT	KUMITELAT	KOVAT PURISTIN- TELAT	POLYURETAANI- TELAT	KOMPOSIITTITELAT
HIONTA	- JOHTOTELAT - HUOPAUTUSTELAT	- IMUTELAT - VASTATELAT - LIIMAPURISTIN- TELAT	- DYNAROK - MICROROK	- POLYLAST - POLYROLL	- JALON 9607 - JALON 9805 - JALON YELLOW - JALON ORANGE - SOFTROK	
HIOMALAIKKA	piikarbidi 10 - 18 (60) G - H bakeliitti (keraami) 8 - 10 (20 - 23)	piikarbidi 60 G - I keraami 20 - 23	piikarbidi 60 - 80 (100) G - I keraami 20 - 23	piikarbidi 60 G - I keraami >20	piikarbidi (alumiinioksidi) 60 - 80 G - (K) keraami (-12) 20 - 23	timantti 325 mesh (FEPA 46) - bakeliitti -
TYÖSTÖ- TIEDOT	0,05 mm/r 10 mm/r 20 m/s 15 - 20 m/min kuivana	0,02 - 0,04 mm/r <10 mm/r 20 m/s 20 - 25 m/min kuivana	0,03 mm/r <10 mm/r 20 m/s 20 m/min vesi	<0,05 mm/r <10 mm/r 20 m/s 18 - 30 m/min runsas vesi	0,02 mm/r 5 mm/r 20 m/s 15 m/min runsas vesi	0,02/0,01 mm/r <10 mm/r 20 m/s 15 - 20 m/min runsas vesi
-jäähdytys						

VIIMEISTELY
(tarvittaessa)

Komposiittitelat:

Super Finishing-laite
- timanttihiomafilmi 30 mic
vesi- telan nopeus 50 - 100 m/min
- pitkittäisyttö 10 - 5 mm/r

Kumitelat:

a) Super Finishing-laite
- piikarbidihiomauha 30 mic
kuivana- telan nopeus 40 - 50 m/min
- pitkittäisyttö 10 - 5 mm/r
b) Paperointi karkeus 320 - 400

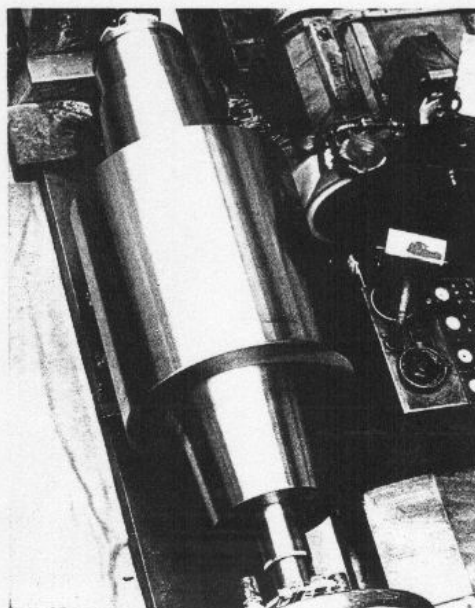
Maanterän suositukset

Roll Grinding

ROLL GRINDING

Roll grinding is a specialised form of cylindrical grinding. In some cases the workpiece diameter is greater than the diameter of the wheel. This increases the grinding contact area compared to normal cylindrical grinding and softer grade wheels are generally required. At the same time, the wheel must be hard enough to maintain geometry over the length of the roll.

Resinoid bonded wheels are generally preferred for roughing and semi-finishing operations but shellac bonded wheels are most efficient for achieving a fine finish.



29. Roll Grinding
(Photograph by courtesy of Firth Brown Limited).

6.5. ROLL GRINDING

Material	Roughing	Semi-Finish	Finish
Brass, Bronze	DC461 L7V KRAA		DC100 I6V KRAA
Copper	BC601 K12E DSAA	BC100 J14E DSAA	BC180 J17E DSAA
Granite	BC361 I10B CRAA	BC462 J9B CRAA	
Cast Iron - Grey	BC301 L7B CRAA		
Cast Iron - Chilled	BC361 K9B CRAA		
Cast Iron - 18% Chrome	BC461 J9B CRAA	BC801 H12B CRAA	
Rubber - Soft	BC201 J8B CRAA		
Rubber - Hard	BC361 J9B CRAA		
Steel - Forged	12A361 J10B CRAA	12A801 K13B CRAA	
Steel - Chrome Plated			51A801 J6V MRAA
Hot Mill Rolls: Chilled iron work rolls	BC361 K9B CRAA		
Work rolls 18% Chrome iron	BC361 J9B CRAA		
Back up rolls	12A361 J10B CRAA		
Cold Mill Rolls: Forged Steel	12A361 J10B CRAA	12A801 K13B CRAA	BC180 L18E DSAA
Back up rolls	12A361 J10B CRAA		



07.06.2000

GRINDING OF Valmet PRESS ROLLS

SUPER FINISHING

QUALITY : RAY FLEX
SERIES 2000

HARDNESS : 25 to 90 PJ

ROUGH GRINDING

Rotation speed of the grinding wheel : 1100 to 1500 m/mn
 Rotation speed of the press roll : 13 to 20 m/mn
 Grind-off : 0,1 mm on radius
 Pitch : 50 mm
 Lubrication : None
 Grinding wheel : NORTON
 Ref. 19 A 46 E 16 VR 88

FINISH GRINDING

Rotation speed of the grinding wheel : 1100 to 1500 m/mn
 Rotation speed of the press roll : 13 to 20 m/mn
 Grind-off : Maxi. 0,02 to 0,04 mm on radius
 Pitch : 12 +/- 3 mm
 Lubrication : None
 Grinding wheel : NORTON
 Ref 19 A 46 E 16 VR 88

For the finishing, make a number of very light passes in order to reduce the pressure of the grinding wheel on the cover and to ensure a very smooth finish.

Ra 0,5 um

FabCoate, vetotelapinnoite, Nitrilikumi, kovuus 15 P&J, hionta kuten ohessa



07.06.2000

GRINDING OF Valmet PRESS ROLLS

HARDNESS : 0/2 PJ - 87 +/- 2 Shore D

QUALITY : GREEN-GRANITE

ROUGH GRINDING

Rotation speed of the grinding wheel	: 1600 to 2000 m/mn
Rotation speed of the press roll	: 13 to 20 m/mn
Grind-off	: 0,6 mm on radius
Feed	: 20 mm
Lubrication	: Water
Grinding wheel	: ATLANTIC
	Ref : HK9 60G 10 VU 406

FINISH GRINDING

Rotation speed of the grinding wheel	: 1600 to 2000 m/mn
Rotation speed of the press roll	: 13 to 20 m/mn
Grind-off	: 0,02 to 0,04 mm on radius
Feed	: 10 +/- 2 mm
Lubrication	: Water
Grinding wheel	: ATLANTIC
	Ref. SC9 120B G9 VD 157

WearRoc, johtotelapinnoite, kovuus 0...1 P&J, luonnonkumi, sopiva hionta-ohje yllä. Lisäksi CleanRoc, johtotelapinnoite, nitrili, kovuus 0...1 P&J, hionta kuten yllä, viimeistelyhiontaa.

Vahto Pulp & Paper Machinery

Kumipinnoitteiden hionta (kuivana) Tyrolit 89A 461 J12 AV 217

Esimerkkejä edellä mainitulla hiomalaikalla hiottavista teloista:

Paperikoneen vastatelat 50-75 P&J

Liimapuristimen ja Symsizer telat 15-50 P&J (95-80 shA)

Kirjapainon värinsiirtotelat 25-40 shA (180-250 P&J)

Polyuretaanien hionta Carborundum DA 60 M 15 V 20B

tai Universal 24A 603 H 28 V ZEOJ

Lähde:

Tampere 15.1.2003, Aimo Kaukonen