

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU  
TEKNIikka**

Kaveri Pirkko

**Tuotelaboratorion toiminnankehitys**

Kone- ja Tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kemi 2010

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on laadittu Aspocomp Oulu Oy:lle syksyn 2010 aikana.

Tahdon kiittää työni valvojaa Aspocomp Oulu Oy:n Jaakko Forsbackaa sekä Aspocomp Oulu Oy:n Pauli Tauriaista tuesta ja luottamuksesta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää Aspocomp Oulu Oy:n Tuotelaboratorion henkilöstöä hyvästä yhteistyöstä ja kaikesta avusta opinnäytetyön aikana.

Suuret kiitokset myös Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun opettaja Mari-Selina Kantaselle tuesta ja ohjauksesta opinnäytetyön aikana.

Kemissä 17.11.2010

Pirkko Kaveri

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja Tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Pirkko Kaveri
Opinnäytetyön nimi	Tuotelaboratorion toiminnankehitys
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	17.11.2010
Sivumäärä	40 + 8 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Mari-Selina Kantanen
Yritys	Aspocomp Oulu Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Tuotepäällikkö Jaakko Forsbacka

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Aspocomp Oulu Oy tuotelaboratorion toimintaa. Työn lähtökohdana ja tavoitteena oli tarve selvittää tuotelaboratorion hienäytteen valmistukseen liittyvän valmistusprosessin ja raportoinnin nykytilanne, raportointitulosten käytettävyys ja hyödynnettävyys piirilevyn valmistusprosessin seurannassa, tarvittava näytepalojen otanta-aajuus ja laboratorion nykyisen laitekannan toimivuus. Opinnäytetyö rajattiin ns. konepalojen valmistusprosessiin, joka ei ollut täysin riippuvainen operaattorin toiminnasta ja työtavasta.

Tuotelaboratorion tehtävänä oli varmistaa valmistettujen tuotteiden laatu hienäytteen pohjalta. Laatumääräykset pohjautuivat standardeihin tai asiakkaan/valmistajan määrityksiin. Hienäytteen tarkastettiin kuparin paksuus sekä laminaatin ja porauksen laatu. Tarkastuskohteina olivat myös monikerroslevyjen kohdistus, välikerroskontaktit ja rakenne.

Opinnäytetyöhön liittyvä työharjoittelu suoritettiin Aspocomp Oulu Oy:n tuotelaboratoriossa. Valmistusprosessin työmenetelmiin ja laitteisiin tutustuttiin työharjoittelun aikana, jonka pohjalta syntyneen havainnoinnin ja kokemuksen perusteella suoritettiin valmistusprosessin nykytilan selvitys. Tuotelaboratorion raportoinnin nykytilan kartoitus tehtiin tutustumalla 1.1.2010 – 30.6.2010 välisenä aikana syntyneisiin mittauspöytäkirjoihin.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi laboratorion laitteisiin ja toimintaan liittyvät parannusehdotukset. Työn edetessä oli selkeästi havaittavissa operaattoreiden tekemä vaihekohtainen hienäytteen valmistusvaiheisiin liittyvä toisto, minkä poistaminen lyhentää koko näytevalmistusprosessin läpimenoaikaa. Työharjoittelun aikana oli havaittavissa myös nykyisen laitekannan aiheuttavan lisätyötä näytevalmistuksessa. Lisätyövaiheiden poistaminen vaatii laiteinvestointeja, joko täysin laitekannan uusimisen muodossa tai nykyisen laitekannan päivityksinä. Opinnäytetyön osatavoitteena ollut otantataajuuden suosituksen määrittämistä ei nykyisen tarkastusmenetelmän puitteissa ollut mahdollista suorittaa.

Asiasanat: elektroniikka, piirilevyt, PCB.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Machine and Production Engineering
Name	Pirkko Kaveri
Title	The Improvement of Processes of Product Laboratory
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	17 November 2010
Pages	40 + 8 appendices
Instructor	Mari-Selina Kantanen, MSc (Tech.)
Company	Aspocomp Oulu Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Jaakko Forsbacka, Product Manager

The target of the study was to examine the processes of the Product Laboratory at Aspocomp Oulu Oy. The starting point for the study was a need to clarify the current status of microsection manufacturing process and reporting. The aim of the study was to clarify the feasibility and usability of the reporting results in the process monitoring. Also the aim was to clarify the needed sampling frequency and functionality of the current laboratory's devices. The thesis was limited to the manufacturing process of the so-called machine-cut parts, which is not fully dependent on the operator's function and working method.

The assignment of the Product Laboratory was to confirm the quality of final products by microsection analysis. The quality criteria were based on the standards or customer's/manufacturer's specifications. The thickness of the copper and the quality of the laminate and drilling were checked on the microsection. The inspection items were also the adjustment of multi-layer sheets, interlayer contacts and multi-layer structure.

The thesis was carried as related work experience at Aspocomp Oulu Oy's Product Laboratory. The manufacturing equipment and working methods were studied during the practical training. The current situation of the explanation of manufacturing processes consists of the observations and experiences perceived during the practical training. The current state of reporting was carried out of the measurement records during the period from 1 January 2010 to 30 June 2010.

The result of this study was proposed as improvements for equipment and operation. As the work progressed, it was clearly detectable that the microsection manufacturing process had stage-related repetition. Removing this repetition shortens the turnaround time. Also it was perceived during the practical training that the current laboratory's devices cause additional work to the manufacturing processes of the samples. To remove this requires investments in the equipment either investment in entirely new devices or in updating the current devices. It was not possible to define the recommendation of the sampling frequency within the limits of the current inspection method.

Key words: electronics, printed circuit board, PCB.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ.....	II
ABSTRACT.....	III
SISÄLLYSLUETTELO .....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET.....	V
1. JOHDANTO .....	1
2. ASPOCOMP OULU OY .....	2
3. YLEISTÄ .....	4
3.1. Piirilevyvalmistus.....	4
3.2. Tuotelaboratorio .....	6
4. HIENÄYTE.....	10
4.1. Hienäytteen valmistus .....	10
4.1.1. Leikkaus/jyrsintä .....	10
4.1.2. Epoksin valu.....	14
4.1.3. Hionta.....	16
4.1.4. Kiillotus.....	18
4.2. Raportointi .....	21
4.2.1. Mittaus .....	21
4.3. Analysointi .....	22
5. NYKYTILANTEEN SELVITYS .....	26
5.1. Nykytilanteen selvitys raportti historian pohjalta.....	26
5.2. Operaattoreiden kyselyhaastattelu.....	28
5.3. Mukailtu FMEA .....	29
5.4. Työharjoittelun aikana tehdyt havainnot.....	29
5.4.1. Leikkaus .....	29
5.4.2. Hionta ja kiillotus.....	30
5.4.3. Näytteen mittaus, analysointi ja raportointi .....	31
6. TUTKIMUKSET JA TESTIT.....	32
7. TOIMINNAN PARANNUSEHDOTUKSET .....	34
7.1. Leikkaus .....	34
7.2. Hionta ja kiillotus.....	34
7.3. Analysointi, mittaus ja raportointi.....	35
7.4. Työturvallisuus ja ergonomia.....	36
8. YHTEENVETO .....	38
9. LÄHDELUETTELO .....	39
10. LIITELUETTELO.....	40

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

RoHS	Restriction of Hazardous Substances. Euroopan unionin direktiivi, kieltää eräiden ympäristölle vaarallisten aineiden käytön uusissa sähkö- ja elektroniikkalaitteissa.
LDI	Laser Direct Imaging. Laser-suoravalotustekniikka, johdinkuvio voidaan siirtää piirilevylle ilman filmejä.
CAM	Computer-aided manufacturing preparation. Tietokoneavustettu tuotedokumenttien tarkastus ja tuottaminen.
HDI	High Density Interconnection. Monikerrospiirilevy, jossa on yleensä lasertekniikalla tehtyjä haudattuja ja sokeita läpivientejä. Korkea tiheyksiset piirilevyt.
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis. Vika- ja vaikutusanalyysi

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyön lähtökohtana oli Aspocomp Oulu Oy:n tarve selvittää tuotelaboratorion hienäytteiden valmistukseen liittyvän valmistusprosessin ja raportoinnin nykytilanne, raportointitulosten käytettävyys ja hyödynnettävyys piirilevyn valmistusprosessin seurannassa, tarvittava näytepalojen otantataajuus ja laboratorion nykyisen laitekannan toimivuus.

Opinnäytetyö rajattiin ns. konepalojen valmistusprosessiin, joka ei ollut täysin riippuvainen operaattorin toiminnasta ja työtavasta. Varsinaista piirilevyn valmistusta ei myöskään esitellä opinnäytetyössä laajasti.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Aspocomp Oulu Oy:n tuotelaboratorion toimintaa sekä toiminnallisesti että tuloksellisesti. Tavoitteena olivat myös valmistuksen optimoiminen huomioiden laatuvaatimukset ja/tai tuotteen vaikeus sekä luoda suositus erityyppisten piirilevyrakenteiden tarvitsemista otantataajuuksista. Opinnäytetyön punaisena lankana tavoitteen suhteen oli luoda suositus tuotelaboratorion toiminnan kehittämistä.

Opinnäytetyö koostui neljästä vaiheesta. Ensimmäinen vaihe alkoi teoriaan ja olemassa olevaan kirjallisuuteen tutustumisella. Vaiheessa kaksi suoritettiin varsinaisen työn opettelu eli hienäytteen valmistus. Vaiheeseen kaksi sisältyi myös nykytilanteen selvitys olemassa olevan raportoinnin sekä työharjoittelun aikana tehdyn havainnoinnin pohjalta. Kolmannessa vaiheessa suoritettiin testaukset ja tutkimukset. Viimeinen vaihe koostui työn tulosten arvioinnista. Kaikkien neljän vaiheen rinnalla seurasi opinnäytetyön kirjallinen tuottaminen.

## 2. ASPOCOMP OULU OY

Opinnäyte työ tehtiin Aspocomp Oulu Oy:lle. Aspocomp Oulu Oy kuuluu Aspocomp-konserniin.

Aspocomp-konserniin kuuluvat seuraavat yhtiöt:

- emoyhtiö Aspocomp Group Oyj, Suomi, noteerataan Helsingin Pörssissä (NASDAQ OMX Helsinki)
- Aspocomp Oulu Oy. /1/

Lisäksi Aspocomp Group Oyj omistaa vähemmistöosuuden seuraavissa yhtiöissä:

- yhteisyritys Meadville Aspocomp (BVI) Holdings Ltd., Brittiläiset Neitsytsaaret, omistus 20 %
- PCB Center Co., Ltd., Thaimaa, omistus 13,2 %
- Imbera Electronics Inc., USA, omistus 5,3 % /1/

Aspocomp Oulu Oy:stä emoyhtiön omistus on 90 % sekä TTM Technologies, Inc. (USA) omistus on 10 % /2/.

Aspocomp Oulu Oy sijaitsee Oulun Teknologia kylässä. Teknologia kylässä sijaitseva tehdas on rakennettu 1992 ja tehtaan pinta-ala 7000 m<sup>2</sup>. Henkilökuntaa 101 (2009). Yritys on ISO 9001 - ja 14001 -sertifioitu. /2/

Yritys valmistaa korkealuokkaisia RoHS-yhteensopivia piirilevyjä. Oulun tehtaan päätuoteryhvät ovat seuraavat:

- HDI-piirilevyt (korkeatiheyksiset piirilevyt)
- monikerrospiirilevyt
- radiotaajuuspiirilevyt
- metallilaminoidut, lämpöä johtavat piirilevyt.

Aspocomp Oulu Oy:n valmistamia tuotteita käytetään elektroniikkateollisuudessa, muun muassa tietoliikenneverkoissa, mobiililaitteissa, autoissa ja erilaisissa teollisuussovelluksissa.

Merkittävät tapahtumat yrityksen historiassa:

- 1979 Yritys perustettu nimellä Pohjois-Piiri Oy.
- 1986 Pohjois-Piiri Oy siirtyi Aspocomp Oy:n omistukseen.
- 1992 Tehdas siirtyi uusiin tiloihin Tutkijantie 11, Oulu.
- 1999 Aspocomp Group Oyj irtaantui moni liikealaisesta Aspocomp Oy:stä ja listattiin Helsingin Pörssissä.
- 2007 Aspocomp Oulu Oy rekisteröitiin itsenäisenä yrityksenä.
- 2009 Suomen Asiakastieto myönsi Aspocomp Oulu Oy:lle 'The Strongest in Finland' serfikaatin. /2/



Merkittävät tapahtumat yrityksen teknologia kehityksessä:

- 1987 Aspo Oy valmisti ensimmäiset Teflon-piirilevyt.
- 1996 Aspo Oy maailmanlaajuisesti oli yksi ensimmäisistä laserin käyttäjästä piirilevy valmistuksessa.
- 1998 Aspocomp Oulu aloitti “microvia” (mikroläpivienni) -valmistuksen.
- 1999 monikerroksinen suurtaajuuspiirilevylaminaatin käyttöönotto.
- 2000 Laser-suoravalotustekniikan (laser direct imaging, LDI) käyttöönotto.
- 2002 metallilaminoitujen, lämpöä johtavien piirilevyjen valmistuksen.
- 2008 täytetyt läpiviennit (viafill) käyttöönotto porrastettujen läpivientien prosessissa (stacked microvias). /2/

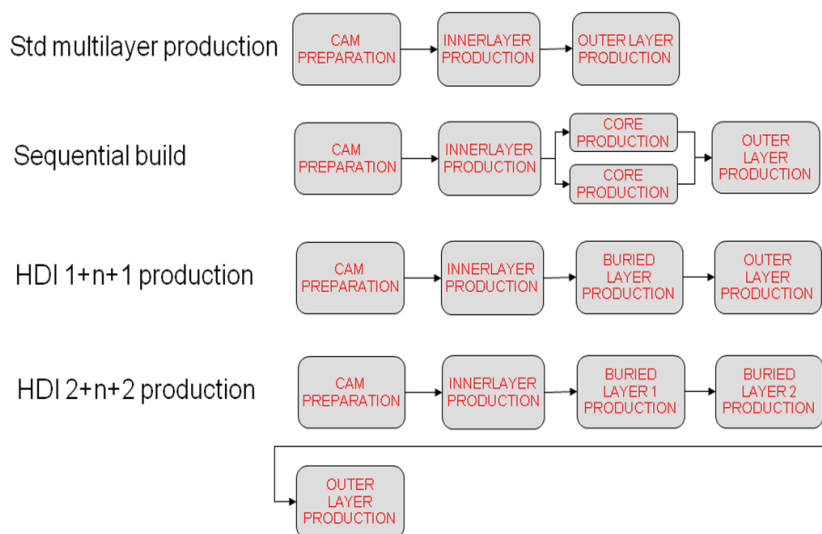


**Kuva 1. Aspocomp Oulu Oy:n tehdas**

## 3. YLEISTÄ

### 3.1. Piirilevyvalmistus

Piirilevy on yksi- tai monikerroksinen substraatti, jossa voi olla mm. johtimia, eristekerroksia, läpivientireikiä, haudattuja tai sokeita läpivientejä. Piirilevyjen valmistusprosessi koostuu useita eri vaiheista tuoterakenteesta riippuen. Valmistusprosessi sisältää mm. kuvion siirtoa, porausta, etsausta, prässäystä ja optista tarkastusta. Oheisessa kuvassa on esitetty yksinkertaistetut prosessikuvaukset neljän erirakenteisen piirilevyn valmistuksesta, kuva 2.



**Kuva 2. Eri tuoterakenteiden valmistusprosessikaavioita /3/**

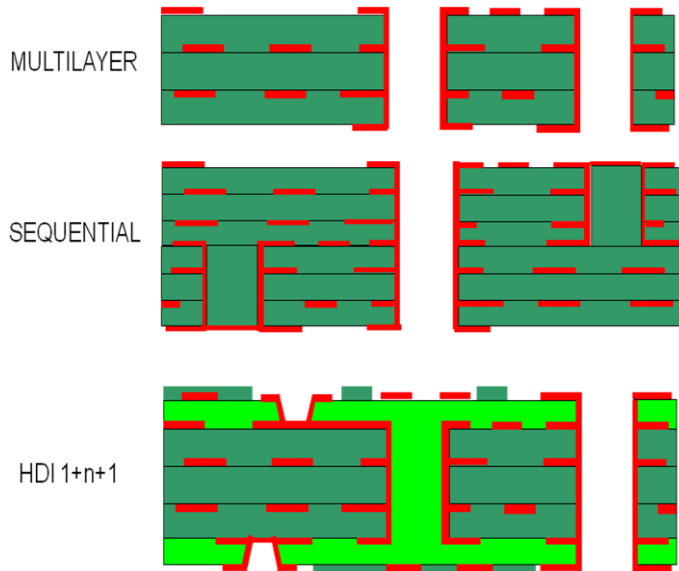
Std multilayer production eli standardi monikerrospiirilevyjen valmistus sisältää seuraavat työvaiheet:

- CAM preparation, jossa tietokone avusteisesti tarkastetaan ja tuotetaan valmistuksen tarvitsemat tuotedokumentit.
- Innerlayer production eli sisäkerroksien valmistus, jossa kerätty materiaali puhdistetaan ja mikroetsataan. Seuraavana on sisäkerroksien kuvion siirto ja syövytys sekä optinen tarkastus. Halutun kuvion aikaansaamiseksi syövytyksessä syövytetään kupari pois alueilta, joissa sitä ei saa olla.
- Outerlayer production eli ulkokerroksienvalmistus, jossa laminaatit pinotaan ja laminoidaan. Seuraavana tehdään tarvittavat läpivienti- ym. poraukset ja läpivientien kuparien kasvatus sekä ulkokerroksien kuvion siirto ja syövytys. Levy viimeistellään ulkopintojen käsittelyllä (esim. juotteenestopinnoitteella) ja puhdistuksella.

Sequential build -piirilevy on monikerrospiirilevy, jonka rakenteessa on mekaanisesti porattuja sokeita reikiä.

HDI (High Density Interconnection) eli korkeatiheysiset piirilevyt ovat myös monikerrospiirilevyjä, joissa on yleensä lasertekniikalla tehtyjä haudattuja ja sokeita läpivientejä. Eri

kerroksiin sijoitetuilla haudatuilla ja sokeilla läpivienneillä päästää tiheämpään pakkausko-  
koon.

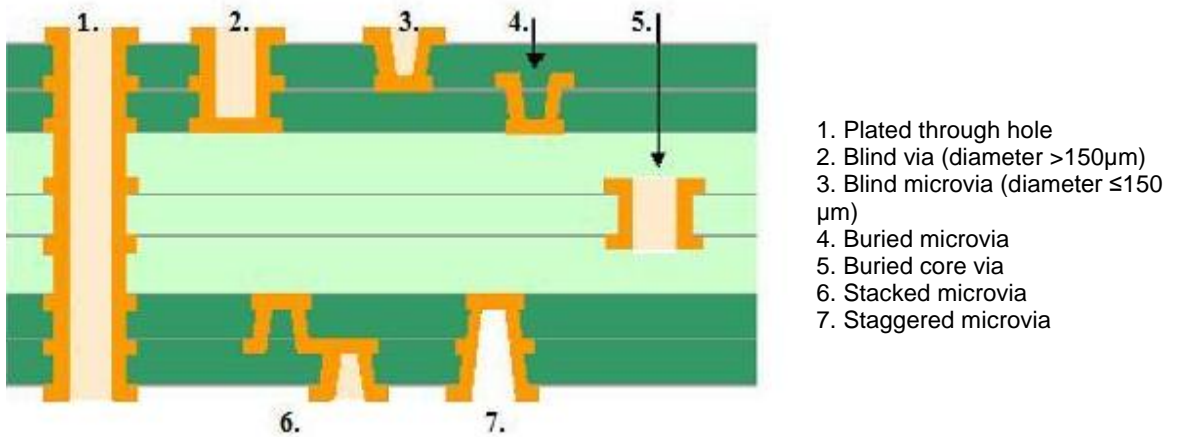


**Kuva 3. Poikkileikkaukset monikerros-, sequential- ja HDI-tuoterakenteista /3/**

Piirilevyjen läpiviennit voidaan valmistaa poraamalla mekaanisesti tai poraamalla laseria käyttäen eli laserporauksella. Laseroimalla tehdyissä läpivienneissä päästään sekä parempaan kohdistustarkkuuteen että pienempään reikäkokoan kuin mekaanisesti poraamalla tehdyissä läpivienneissä.

Kuvassa 4 on esitetty eri läpivientireikätyyppejä seuraavasti:

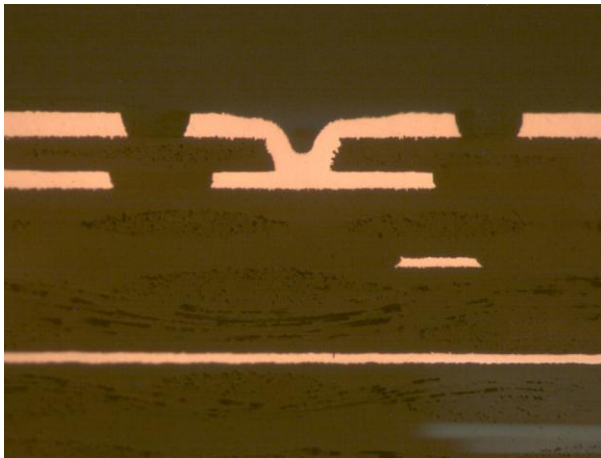
1. Plated through hole on piirilevyn läpi kulkeva läpivientireikä.
2. Blind via eli sokea läpivienti. Sokeilla läpivienneillä tarkoitetaan läpivientejä, joissa toinen kontakteista on ulkokerrokseen ja toinen sisäkerrokseen.
3. Blind microvia eli sokea mikroläpivienti. Kohdissa 3 ja 7 on esitetty lasertekniikalla tehty sokea mikroläpivienti (halkaisija  $\leq 150\mu\text{m}$ ).
4. Buried microvia eli haudattu mikroläpivienti. Haudatuilla läpivienneillä tarkoitetaan sellaisia läpivientejä, joista on kontakti vain piirilevyn sisäkerrokseen.
5. Buried core via on piirilevyn sisäkerroksissa oleva läpivientireikä.
6. Stacked microvia eli porrastettu mikroläpivienti.
7. Staggered microvia eli pinottu mikroläpivienti. /4/



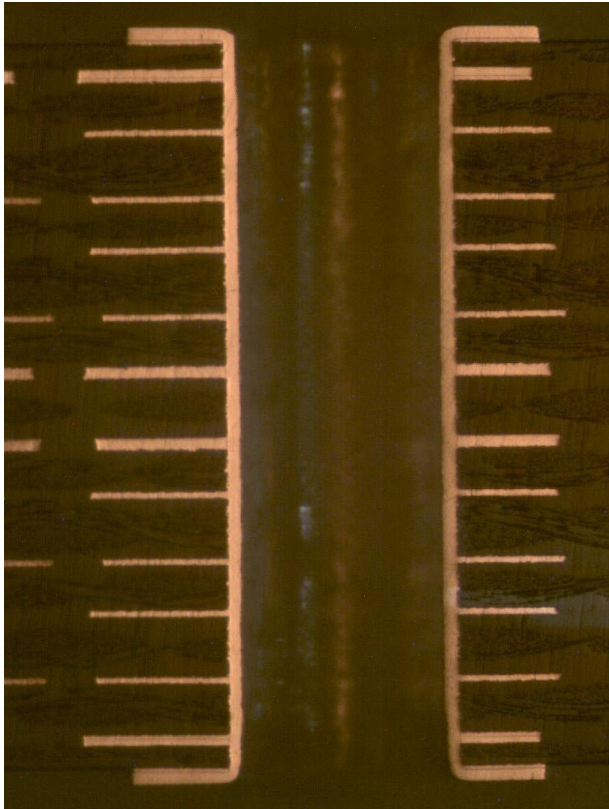
**Kuva 4. Läpivientireikätyypit /4/**

### 3.2. Tuotelaboratorio

Aspocomp Oulu Oy:n tuotelaboratorio toimii yrityksen tuotannon laadun valvontaelimenä. Laboratorion tarkoituksena on varmistaa valmistettujen piirilevyjen oikeellisuus sekä laadullisesti että rakenteellisesti. Tuotteiden tarkastus tehdään hienäytteistä, jotka ovat poikkileikkauksia piirilevyrakenteesta, kuvat 5 ja 6.



**Kuva 5. Poikkileikkaus laseroidusta läpiviennistä**



**Kuva 6. Lämpökuparoidun reiän poikkileikkaus**

Tuotelaboratoriossa työskentelee päätoimisesti kolme operaattoria, joiden tehtävänä on hienäytteiden valmistus, mittaus, analysointi ja raportointi.

Tuotelaboratorion laitekanta koostuu kolmesta näytevalmistukseen liittyvästä päälaitteesta:

- näytteiden jrsintään käytettävä Struers Sampler, kuva 7.
- konepalojen hiontaan käytettävä Struers Abramin, kuva 8.
- käsipalojen hiontaan Struers RotoPol-21, kuva 9.

Hienäytteiden visuaaliseen tarkastukseen, mittaukseen ja analysointiin laboratoriossa on käytettävissä erilaisia kameramikroskooppeja, kuva 10. Laboratorion ulkopuolella tuotantohallissa on lisäksi käsipalojen irrotukseen ja paksuudeltaan yli 2,5 mm olevien piirilevyjen konepalojen irrotukseen tarkoitettu hydraulinen lävistinlaite, kuva 11.



**Kuva 7. Struers Sampler, konepalojen jysintä**



**Kuva 8. Struers Abramin, konepalojen hionta**



**Kuva 9. Struers RotoPol-21, käsipalojen hionta**



**Kuva 10. Näytteiden mittaus, analysointi ja kuvaus**



**Kuva 11. Käsi- ja kasinpesulaite**

## 4. HIENÄYTE

### 4.1. Hienäytteen valmistus

Mekaaninen näytteenvalmistus on yleisimmin käytetty menetelmä materialograafisten näytteiden valmistamiseksi mikroskooppitutkimuksiin. Näytteen pinnasta poistetaan materiaalia erilaisia hiomapartikkeleita käyttäen. Hiontapapereiden raekokoa pienennetään toisiaan seuraavissa työvaiheissa, kunnes haluttu tulos saavutetaan. /8/

Hienäytteen valmistus koostuu neljästä päävaiheesta:

1. leikkaus/jyrsintä
2. epoksin valu
3. hionta
4. kiillotus.

Ennen varsinaisen valmistusprosessin aloittamista vastaanotettu työ merkitään vastaanotetuksi kuittaamalla se yrityksen tuotannonohjausjärjestelmään. Seuraavaksi tarkistetaan ko. toimituserän toimituspäivämäärä, jonka pohjalta määritellään tuotteen käsittelyprioriteetti.

Tuotelaboratorioon tuleva tuote voi olla yksittäinen viallinen aihioista irrotettu piirilevy tai kokonainen aihio, joka sisältää sekä viallisia että hyviä piirilevyjä. Mikäli vastaanotettu tuote on hyviä piirilevyjä sisältävä eli tuotantoon palautettava aihio, otetaan se näyteleikkukseen välittömästi ja palautetaan aihio takaisin tuotantoon mahdollisimman nopeasti.

#### 4.1.1. Leikkaus/jyrsintä

Hienäytteet leikataan kone- tai käsipaloiksi. Konepalojen leikkaus/jyrsintä tehdään Struers Sampler -laitteella, kuva 7. Käsipalojen ja paksuudeltaan yli 2,5 mm olevien piirilevyjen konepalojen irrotukseen tehdään erillisellä hydraulisella lävistinlaitteella, kuva 11.

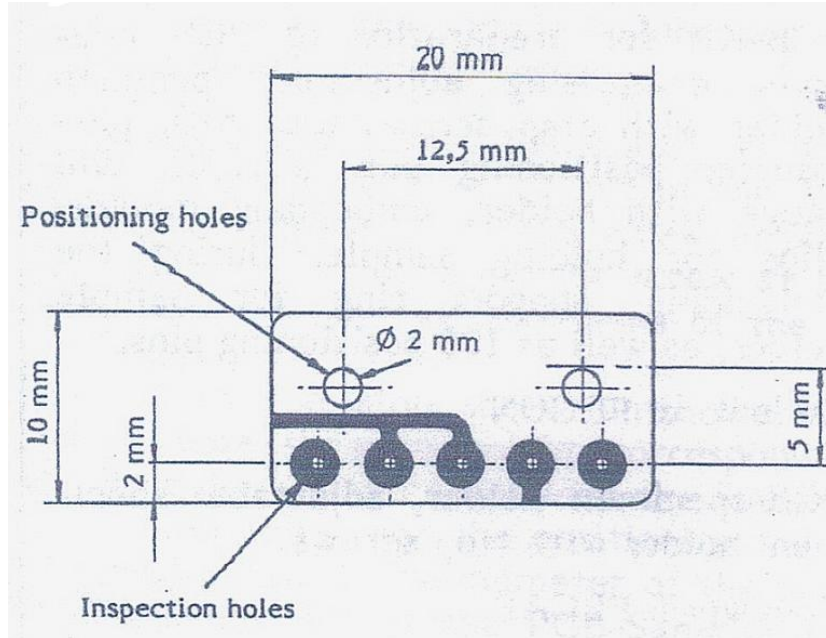
Struers Sampler -laitteen rakenne on kuvattu liitteessä 1.

Jokaisesta analysoitavasta tuotteesta otetaan pääsääntöisesti kolme konepalaa. Piirilevyistä irrotetaan kaksi läpivientireikärivistöä sekä ns. rakennepala. Mahdollisuuksien mukaan pyritään valitsemaan sekä vaaka- että pystysuorassa sijaitseva reikärivistö, jolloin reikien kohdistustarkkuus voidaan tarkastaa. Tuotteen ollessa kaksipuolinen rakennepalaa ei oteta. Mikäli mahdollisen analysoitavan reikärivistön yhteydessä sijaitsee tuotteen kapein johdin tai tuotekohtaisessa dokumentoinnissa kapein johdin on määritelty otettavaksi, valitaan näyte siten, että kapein johdin saadaan mukaan.

Edellä mainittujen konepalojen lisäksi otetaan käsipala/-palat, mikäli tuotteessa on sokeita, haudattuja tai laseroituja läpivientejä.



Struers Sampler -laitteella irti jyrstetty optimaalinen näytepala on kooltaan 20 mm x 10 mm, kuva 12. Optimaalisen näytepalan leikkauslinjan etäisyys näytepalan reunasta halutun kohteen keskipisteeseen on 2 mm. Leikkauslinjan tulee olla suora ja tasainen. /7/

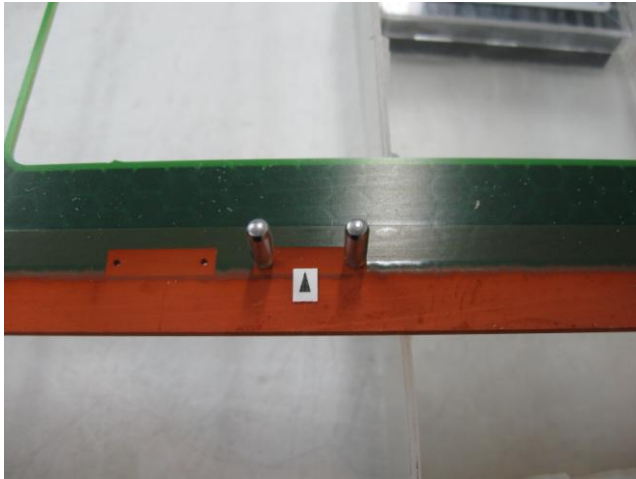


**Kuva 12. Optimaalinen näytepala /7/**

Ennen leikkauksen aloittamista tarkistetaan tuotekohtaisesta dokumentoinnista tuotteella olevien kapeimpien johtimien sijainnit. Jos jokin johtimista sijaitsee analysointiin soveltuvan läpivientireikäriivin yhteydessä, otetaan se mukaan näytepalaan, muutoin se voidaan jättää huomiotta. Kapein johdin on kuitenkin sisällytettävä näytepaloihin, jos se tuotodokumenteissa on niin määritely. Tuotteen kapeimmalla johtimella tarkoitetaan tuotteen layoutin kapeinta johdinta, riippumatta kuinka leveä se on. Rakennepala sijaitsee aihion laidalla.

Varsinainen leikkaus aloitetaan merkitsemällä valitut kohteet tarranuolella piirilevyn yläpuolelle. Valittaessa leikattava kohde piirilevyn alapuolelta merkitään kohde poikkeavasti kahdella samanvärisellä nuolella. Kohteiden tarroituksen jälkeen aloitetaan kunkin kohteen yksittäinen irrotus.

Tarralla merkittyyn kohteeseen asetetaan sopivalle etäisyydelle toisistaan tulevat ohjaustapit (precision locating pins), joilla levy kiinnitetään leikkurin kelkan kiinnitysleukoihin kierrerruuvitapin avulla, kuva 13.



**Kuva 13. Tarroitettu ja tapitettu rakennepala**

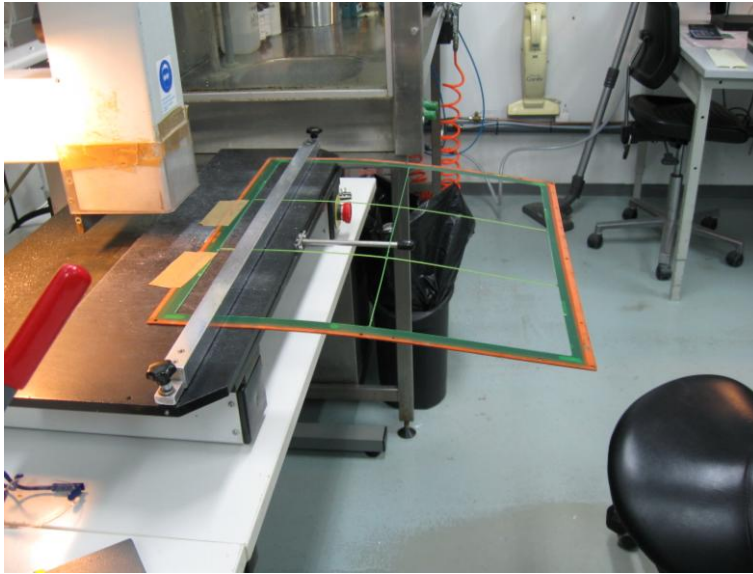
Ohjaustapit ”lukitaan” paikalleen klipsin avulla, kuva 14.



**Kuva 14. Klipsillä lukitut ohjaustapit**

Aihio/piirilevy käännetään tarrapuoli alaspäin ja kiinnitetään se leikkurin kelkkaan ja ohjaustapit lukitaan kierreruuvitapilla. Lopuksi aihio/piirilevy kiinnitetään paikalleen kiinnitysraudan avulla, kuva 15

Tarvittaessa aihion/piirilevyn kiinnitystä voidaan parantaa teippaamalla. Poranterä voi vaurioitua tai katketa, mikäli aihio pääsee vääntymään irti kelkan pinnasta jyrsinän aikana.

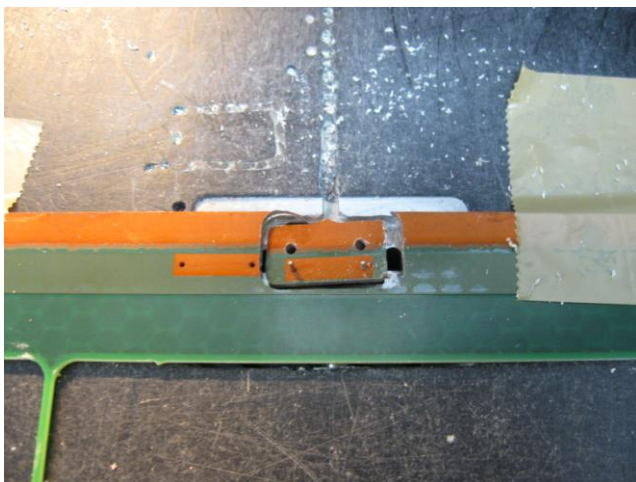


**Kuva 15. Aihion kiinnitys kelkkaan rakennepalan jyrshintään**

Kelkka kohdistetaan Struers Sampler -jyrsinohjaimeen, joka ohjaa oikean kokoisen näytepalan jyrshintää. Tarkastetaan ohjaustappien oikea ja tasainen liikkuvuus jyrsinohjaimen ohjausurassa.

Kelkkaa tulisi liikuttaa aina samansuuntaisesti, jotta saadaan samankokoiset palat. Palan jyrshintä aloitetaan näytteen oikeasta alareunasta. Liikutettaessa kelkkaa oikealta vasemmalle saadaan oikean kokoinen pala.

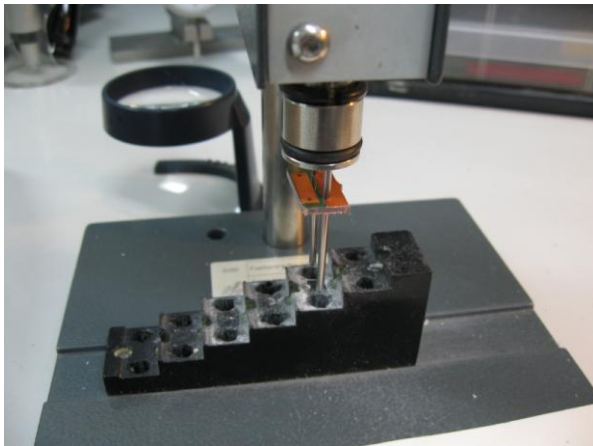
Aluksi porataan aluksi kaksi ohjaus-/kohdistustappireikää, minkä jälkeen pala jyrshintään irti aihiota/piirilevyä liikuttamalla ohjausuran mukaisesti. Kohdistustappien reikiä porattaessa on oltava erittäin huolellinen, että näyte on kohdistettu oikein tappien koloihin, kuva 16. Mikäli kohdistustappi ei ole sijoittunut tappikolon pohjaan asti, porattava reikä tulee väärään paikkaan tai eri tasolle, eikä seuraavan vaiheen kohdistustappeja saada paikoilleen.



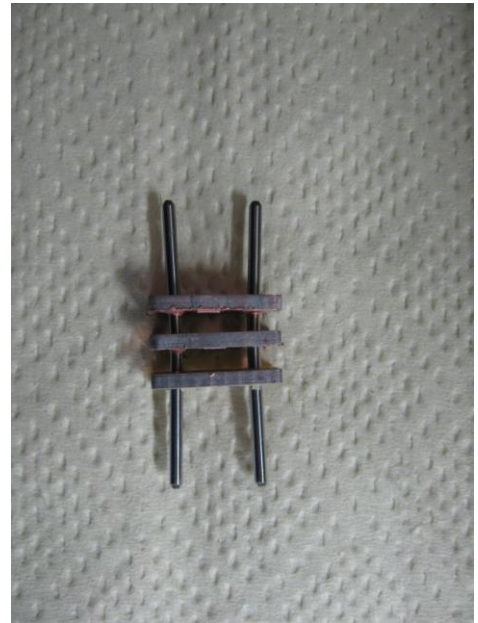
**Kuva 16. Irti jyrshinty näytepala**

Leikkauksen viimeisenä vaiheena irti jyrситyт konepalat yhdistetään ohjaus-/ kohdistustappien avulla valua varten. Kaksi ohjaus-/kohdistustappia asetetaan Pin Insert -laitteen yläosaan. Leikattu näytepala asetetaan halutulle vastakappaleen askelmalle tarranuoli alaspäin. Tapit painetaan näytepalaan porattujen reikien läpi laskemalla vipuvarsi alas. Vipuvarsi nostetaan tämän jälkeen ylös, jolloin seuraava näytepala voidaan asettaa askelmalle ja kiinnittää edellisen palan alapuolelle, kuva 17. Palojen väliin jätetään pieni rako, jotta valuaivneen virtaus reikien sisään ei esty.

Yhdistettävä konepalaryhmä koostuu rakennepalasta ja kahdesta reikäpalasta, joista toisessa on mahdollinen kapein johdin mukana, kuva 18. Palat sijoitetaan ryhmään tietyssä järjestyksessä. Ensimmäisenä ryhmässä on rakennepala, toisena reikäpala, jossa on mukana mahdollinen kapein johdin ja viimeisenä ryhmässä on toinen irti jyrситty reikäpala. Konepalaryhmällä tarkoitetaan kolmen irtijyrситyn palan kokoonpanoa, jotka yhdistetään kohdistustapeilla seuraavaa työvaihetta varten.



**Kuva 17. Konepalojen yhdistäminen ohjaus -/kohdistustappien avulla Pin Insert -laitteella**



**Kuva 18. Ohjaus-/kohdistustapeilla yhdistetyt konepalat eli konepalaryhmä**

Hienäytteiden leikkaus- ja jyrситävaiheen lopuksi konepalaryhmä, mahdolliset käsipalat ja tuotedokumentit, joihin on merkitty näytteen tunnistukseen tarkoitetun tarranuolen väri, leikkauspäivämäärä ja kuittaus kapeimman johtimen sisällyttämisestä näytteeseen, viedään varastointipaikalleen odottamaan seuraavaa työvaihetta.

Leikkauksen prosessikaavio on kuvattu liitteessä 2.

#### **4.1.2. Epoksin valu**

Ohjaustapeilla yhdistetyt konepalaryhmät valetaan läpinäkyvällä 2-komponenttiepoksilla. Sekoitettu epoksi aloittaa kovettumisreaktion välittömästi sekoituksen jälkeen, josta johtu-

en yhdellä kertaa valetaan rajoitettu määrä konepalaryhmiä. Normaali valu määrä on neljästä kuuteen konepalaryhmää.

Valun aluksi valumuotti ja sen vastakappale tarkistetaan ja puhdistetaan tarvittaessa, kuva 19. Konepalaryhmä asetetaan muotinpohjalle ja muotin vastakappale asetetaan paikoilleen. Ennen vastakappaleen lopullista painamista paikoilleensa, tarkistetaan, että konepalaryhmät ovat muottien keskellä sekä oikein päin (tarranuoli alaspäin), kuva 20. Lopuksi painetaan valumuotin vastakappale tiukasti paikoilleen.

Seuraavaksi sekoitetaan epoksi ja kaadetaan se muotteihin. Muotteja tärytetään hieman pöydänpintaa vasten, jolloin varmistetaan epoksin virtaus läpivientireikiin. Muottien annetaan kovettua huoneenlämmössä noin 20 minuuttia tai kunnes muotti on jäähtynyt.

Jäähtyneet ja kovettuneet konepalaryhmät, kuva 21, irrotetaan lopuksi muotista erillisen irrotuslaitteen avulla, kuva 22. Irrotuksen jälkeen puhdistetaan ohjaus-/kohdistustappien päät epoksista ja valetut näytteet viedään omalle paikalleen odottamaan hiontaa.



**Kuva 19. Valumuotti**



**Kuva 20. Konepalojen asetus muottiin.**



**Kuva 21. Kovettuneet näytteet**



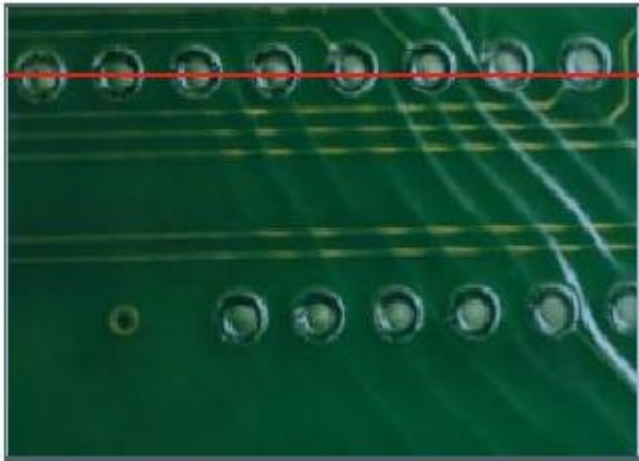
**Kuva 22. Näytteen irrotus muotista**

### 4.1.3. Hionta

Hionnassa hiomapartikkeleita käytetään toisiaan seuraavissa vaiheissa raekokoa pienentäen poistamaan materiaalia näytteen pinnasta, kunnes haluttu tulos on saavutettu. /8/

Konepalojen hionta tehdään Struers Abramin -laitteella kaksivaiheisesti. Aluksi tehtävän karkeahionnan tarkoituksena on taata, että kaikkien näytteiden pinnat ovat samanlaisia riippumatta lähtötilanteesta tai aikaisemmasta käsittelystä. Lisäksi, jos halutaan valmistaa useita näytteitä samassa näytteenpitimessä, pitää kaikkien näytteiden olla samassa tasossa jatkokäsittelyä varten. /8/

Seuraavana suoritettavassa hienohionnassa pyritään poistamaan ensimmäisessä hiontavaiheessa syntyneet naarmut ja vikaantumiset sekä pääsemään mahdollisimman lähelle haluttua reikähalkaisijaa, kuva 23.

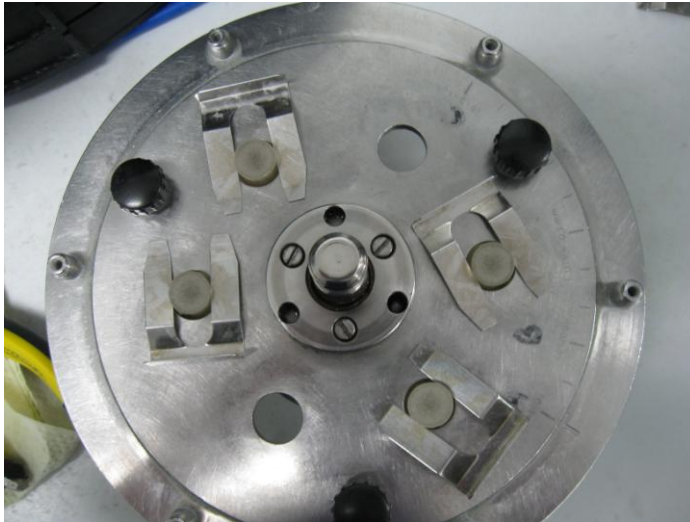


Kuvassa 23 on punaisella viivalla esitetty mahdollinen hionnan lopputulos. Näytteen vasemmassa laidassa hiontatulos on oikein eli reikähalkaisijan keskiosaan asti. Oikeaan laitaan liikuttaessa on syntynyt ns. ylihionta eli reiän halkaisijan keskikohta on ohitettu. Edellä mainittu kohta ei ole enää mittaus- ja raportointikelpoinen.

#### Kuva 23. Hionnan lopputulos

Työpäivänsä aloittava operaattori käynnistää ensimmäiseksi hiontalaitteen ja asettaa eri hiontoihin tarvittavat ohjelmaparametrit laitteelle.

Hionta aloitetaan asettamalla näytteenpidin oikeaan asentoon, minkä jälkeen siihen asetetaan neljä konepalaryhmää ja lukitaan ne paikoilleen toiselle puolelle tulevilla lukitusjouilla, kuva 24. Hiontalaitteen asetusarvot tarkistetaan sekä vaihdetaan hionta-alustalle uusi hiontapaperi.



**Kuva 24. Konepalojen lukitseminen näytteenpitimeen**

Karkeahionnan asetusarvoina käytetään seuraavia asetusarvoja:

- näytteenpidin asento A, määrittelee näytteenpitimeen asetettujen konepalaryhmien korkeuden suhteessa hiontapaperiin
- hiontaohjelma 1
- hiontapaperin karkeusluokka 180
- laitteen kierrosluku 300 rpm
- voiteluaine vesi
- paine 180
- aloitusaika 2 minuuttia => ajan jatkaminen tarpeen mukaan. /5/

Hienohionnan asetusarvoina käytetään seuraavia asetusarvoja:

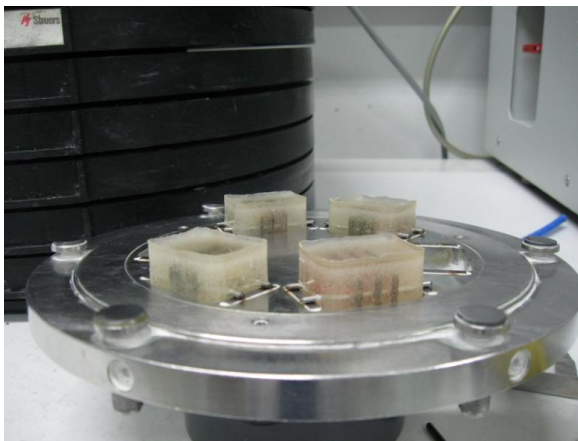
- näytteenpidin asento B, määrittelee näytteenpitimeen asetettujen konepalaryhmien korkeuden suhteessa hiontapaperiin
- hiontaohjelma 2
- hiontapaperin karkeusluokka 1200
- laitteen kierrosluku 300 rpm
- voiteluaine vesi
- paine 180
- aloitusaika 15 sekuntia => ajan jatkaminen tarpeen mukaan. /5/

Karkeahionnassa aloitushionnan ajaksi asetetaan kaksi minuuttia, jonka jälkeen paloille tehdään silmämääräinen visuaalinen tarkastus, kuva 25. Tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman tasainen pinta, hioa reikärivistöt ”auki” tasaisesti ja pyrkiä liki reikähalkaisijoiden keskikohtaa. Karkeahionnan tulosta arvioidessa ja hionta-aikaa jatkettaessa on huomioitava, että näytteelle on vielä suoritettava hienohionta.

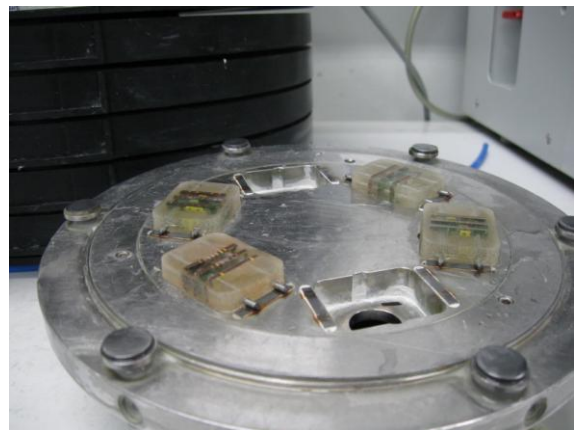


**Kuva 25. Karkeahionnan suoritus**

Hienohionnan koneellisen hionnan hionta-ajaksi asetetaan 15 sekuntia, jonka jälkeen tehdään mikroskooppitarkastus. Koska hiontaa aloitettaessa ei ole tiedossa ko. hiottavan läpiviennin reikähalkaisijaa, tarkistetaan tuotekohtaisesta dokumentoinnista tuotteelle määritellyt reikäkoot. Lopullinen reiän halkaisijan määritellään tuotedokumentoinnin ja visuaalisen tarkastuksen perusteella. Loppuhionta tehdään käsihiontana. Kuvissa 26 ja 27 on nähtävissä hiomattoman ja hiotun konepalan ero.



**Kuva 26. Hiomattomat konepalat**



**Kuva 27. Hiotut konepalat**

Hionnan prosessikaavio on kuvattu liitteessä 3.

#### **4.1.4. Kiillotus**

Näytteiden kiillotus tehdään Struers Abramin -laitteella.

Kuten hionnan, myös kiillotuksen tulee poistaa viat, jotka ovat syntyneet aikaisemmissa työvaiheissa. Tämä saavutetaan käyttämällä jokaisessa vaiheessa edellistä kertaa hienompia



hiomapartikkeleita. Kiillotusaineena käytetään timanttia, koska sillä saavutetaan nopein materiaalinpoisto ja paras mahdollinen tasomaisuus. Kovuutensa vuoksi se leikkaa hyvin kaikkia materiaaleja ja faaseja. /8/

Kiillotus tehdään kiillotuskankaan avulla, kuva 28. Timantkiillotuksessa käytetään apuna voiteluainetta. Kankaan, timantin raekoon ja voiteluaineen valinta tehdään kiillotettavan materiaalin perusteella. Ensimmäisessä vaiheessa käytetään usein kankaita, joilla on alhainen joustavuus. Pehmeille materiaaleille valitaan voiteluaine, jonka viskositeetti on alhainen. Loppukiillotukseen käytetään kankaita, joiden elastisuus on suurempi ja voiteluainetta, joiden viskositeetti on korkea. /8/



**Kuva 28. Kiillotuskangas**

Kiillotus tehdään kaksivaiheisesti kuten hiontakin. Aluksi tehtävän karkea kiillotuksen tarkoituksena on taata, että kaikkien näytteiden pinnat ovat samanlaisia riippumatta lähtötilanteesta tai aikaisemmasta käsittelystä. /8/

Lopuksi suoritettavassa hienohionnassa pyritään saavuttamaan lopullinen naarmuton ja kiiltävä näytteenpinta.

Ensimmäisenä suoritettavan karkeakiillotuksen asetusarvoina käytetään seuraavia asetusarvoja:

- näytteenpidin asento C, määrittelee näytteenpitimeen asetettujen konepalaryhmien korkeuden suhteessa hiontapaperiin
- hiontaohjelma 3
- kiillotusalusta TexMet 1500
- kiillotusaine DiaPro Largo 6  $\mu\text{m}$
- laitteen kierrosluku 150 rpm
- voiteluaine Metadi Fluid
- paine 180
- kiillotusaika 2 minuuttia
- kiillotusaineen syöttölaitteen ohjelma 4 ja automaattisyöttö. /5/

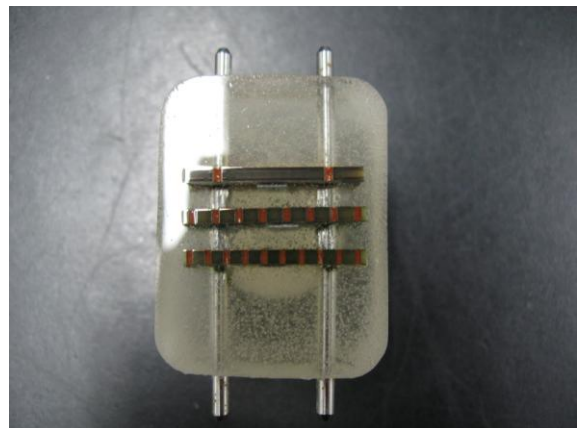
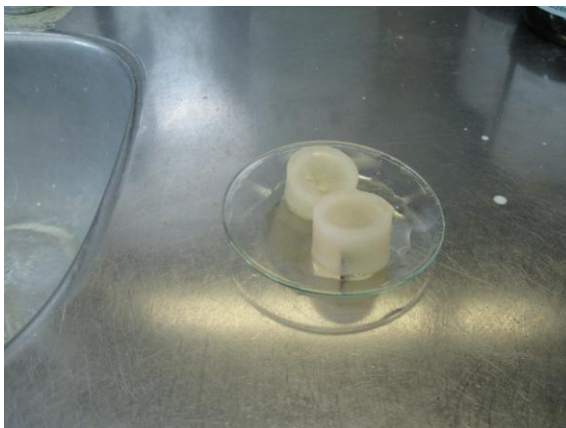
Hienokiillotuksen asetusarvoina käytetään seuraavia asetusarvoja:

- näytteenpidin asento C, määrittelee näytteenpitimeen asetettujen konepalaryhmien korkeuden suhteessa hiontapaperiin
- hiontaohjelma 4
- kiillotusalusta MicroCloth
- kiillotusaine DiaPro Largo 1 µm
- laitteen kierrosluku 150 rpm
- voiteluaine Metadi Fluid
- paine 120
- kiillotusaika 2 minuuttia
- kiillotusaineen syöttölaitteen ohjelma 5 ja automaattisyöttö. /5/

Karkeakiillotus aloitetaan asettamalla näytteenpidin C-asentoon, jonka jälkeen siihen asetetaan neljä konepalaryhmää ja lukitaan ne paikoilleen näytteenpitimen toiselle puolelle tulevilla lukitusjousilla. Hiontalaitteessa käytettävä ohjelma ja asetusarvot tarkistetaan sekä vaihdetaan karkeakiillotuksessa käytettävä kiillotusalusta. Kiillotusajan loputtua näytteenpidintä ei poisteta laitteesta.

Hienokiillotus aloitetaan vaihtamalla hiontalaitteen ohjelmaksi hienokiillotuksen ohjelma 4. Laitteen asetusarvot tarkistetaan, vaihdetaan kiillotusalusta ja muutetaan kiillotusaineen syöttölaitteen ohjelma. Kiillotusajan loputtua näytteenpidin poistetaan hiontalaitteesta. Näytteenpitimestä irrotetut näytteet pestään juoksevan veden alla. Lopuksi kiillotustulos tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa tehdään käsikiillotuksena suoritettava lisäkiillotus.

Näytepalaryhmät etsataan ennen kuin ne ovat valmiita toimitettavaksi varastointipaikalleen odottamaan seuraavaa työvaihetta, kuva 29. Etsauksessa käytetään 25 % ammoniakkivettä, syövytysajan ollessa noin 30 sekuntia. Etsauksen tuloksena saadaan peruskuparin ja kasvatetun kuparin kontaktipinta erottuvaksi.



**Kuva 29. Kiillotettujen näytteiden etsaus** **Kuva 30. Kiillotettu näytepala**

Kiillotuksen prosessikaavio on kuvattu liitteessä 4.

## 4.2. Raportointi

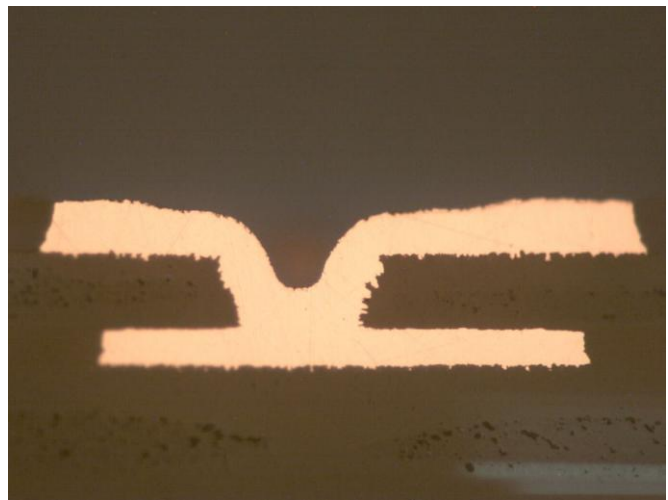
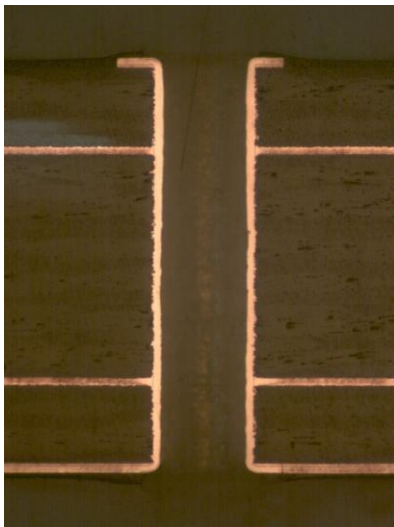
Työharjoittelun aikana näytteen analysointia, mittausta ja raportointia ei varsinaisesti läpikäyty, joten vaiheeseen liittyvät työvaiheet jäivät hieman etäisiksi.

Tuotteen toimitusaika määrä töiden käsittelyprioriteetin, ellei toisin määrätä. Työ aloitetaan kirjaamalla työnalle valitun tuotteen tiedot seurantavihkoon ja antamalla näytteelle juokseva järjestysnumero. Mikäli tarkastettavaa näytteeseen kuuluu useita näytepaloja, erotellaan ne toisistaan kirjaimin.

Mittauksessa ja analysoinnissa käytetään valmista raportointipohjaa, liite 5, jonka pohjalta työ myös tehdään.

### 4.2.1. Mittaus

Kameramikroskoopin avulla tehtävässä hienäytteen mittauksessa, kuva 10, tarkastetaan kohteen poikkileikkauksesta, kuvat 31 ja 32, elektrolyyttisen kuparin paksuus levyjen pinnalla ja reikien sisällä. Samassa yhteydessä tarkastetaan myös laminaatin ja porauksen laatu sekä monikerroslevyjen kohdistus, välikerroskontaktit, monikerrosrakenne ja kaikkiin edellä mainittuihin kohtiin liittyvät laatuksiteerit. /5/

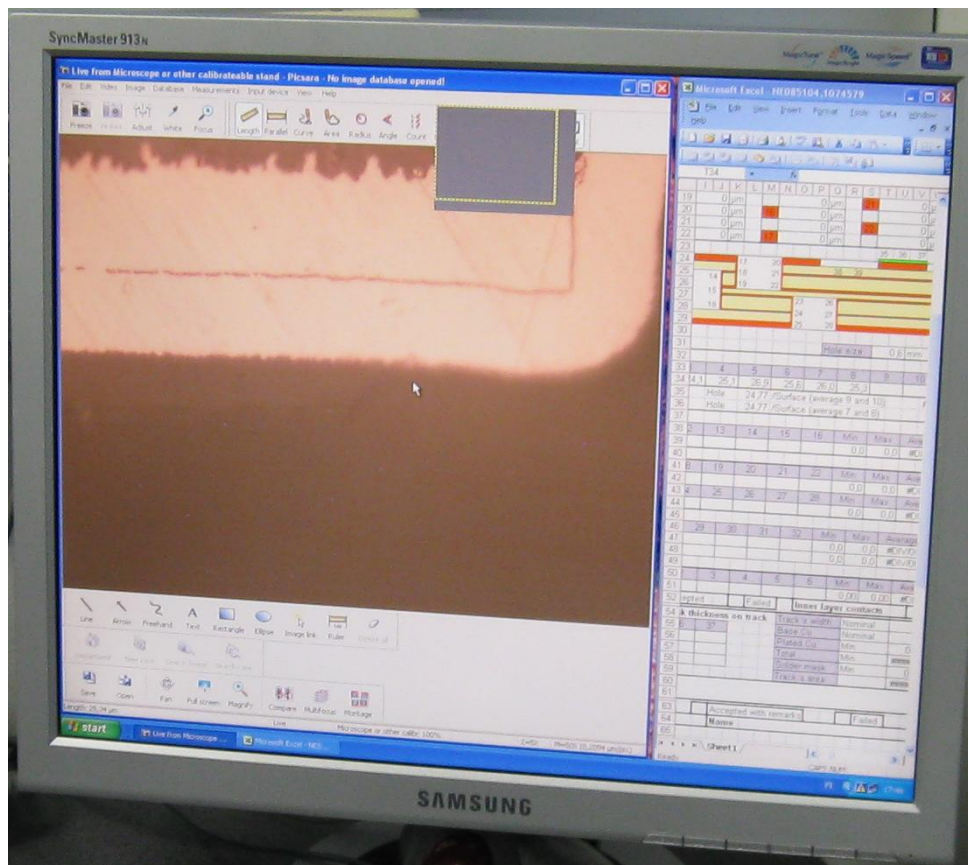


**Kuva 31. Lämpikuparoitu reikä**    **Kuva 32. Laseroitu läpivienti**

Mittaus aloitetaan avaamalla tuotteen poraustiedosto sekä uusi pc-pohjainen raportointipohja, johon kirjataan tuotteen perustiedot. Seuraavaksi tarkistetaan näytteen pinnalaatu sekä hiontatulos. Mikäli näyte on liian naarmuinen tai ei riittävän kiiltävä, parannetaan pinnanlaatua käsihionnalla/-kiillotuksella ennen mittausta.

Kuparin paksuus mitataan mikroskoopilla kuudesta kohtaa reiän seinämästä ja neljästä piirilevyn pinnasta mittauspöytäkirjassa olevan mallin mukaan. Lisäksi tarkastetaan, ettei kuparipinnoitteessa ole aukkoja, halkeamia tai ettei pinnoite ole irti perusmateriaalista./5/

Mittaus voidaan suorittaa joko mikroskoopin mitta-asteikolla tai Picasa-kuvankäsittelyohjelman avulla, kuva 33. Koska mittauksessa käytetään useita eri mikroskooppisuurennoksia, tulee mittatulosten kirjauksessa huomioida mittasuhte oikein. Kuvassa 33 on nähtävissä läpivientireiän alareunan poikkileikkaus, jossa erottuu ylempänä oleva peruskupari ja alempana oleva kasvatettu kupari.



**Kuva 33. Peruskuparin ja kasvatetun kuparin mittaus Picasa-kuvankäsittelyohjelman avulla.**

### 4.3. Analysointi

Mittauksien analysointi tehdään tuote-, materiaali-, asiakasspesifikaatioiden sekä standardi IPC-A-600 pohjalta. IPC-A-600 Acceptability of Printed Board (Piirilevyjen hyväksyttävyys) on piirilevyn valmistukseen liittyvä kansainvälinen standardi. Standardissa on esitetty valmistuspoikkeamille käytettävät hyväksymis- tai hylkäysrajat.

Standardista IPC-A-600 tarkastelu kohteena on kohta 2: Ulkoisesti havaittavat ominaisuudet ja kohta 3.3: Metalloidut reiät - yleistä, alakohtineen. Tuotteen laadun hienäytteestä

analysoituna on täytettävä kohdan 2 mukaiset vaatimukset, ellei tuotekohtaisesti ole toisin määritelty. /5/

Poikkeamatilanteissa spesifikaatioita noudatetaan seuraavassa järjestyksessä:

- tuotespeksi
- asiakkaan yleisspeksi
- IPC-A-600.

Analysoinnin yhteydessä tarkkaillaan erityisesti seuraavia kohtia: kuparin paksuuden tulee olla metalloiduissa rei'issä keskimäärin  $25\mu\text{m}$  ja minimipaksuuden  $20\mu\text{m}$ , asiakasvaatimukset huomioiden. Samoin tarkastelun kohteina ovat Pressfit-liittimien asennusreiät (hal- kaisija  $35\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ ), joiden kuparissa ei sallita murtumia. Pressfit-liitin on liitin, joka kiinnittyy paikalleen puristusvoiman avulla.

Tarkkailukohteita ovat myös ulko- ja sisäkerroksissa olevat kaulukset ja niissä mahdolliset murtumat, nousut, kulmat yms. Lisäksi tarkkaillaan myös kuitujen metalloitumista eli kuparin "imeytymistä" lasin sisälle, reikien seinämän laatua (jäysteet, epoksin vetäytyminen holkin reunasta) ja delaminoitumista. /5/

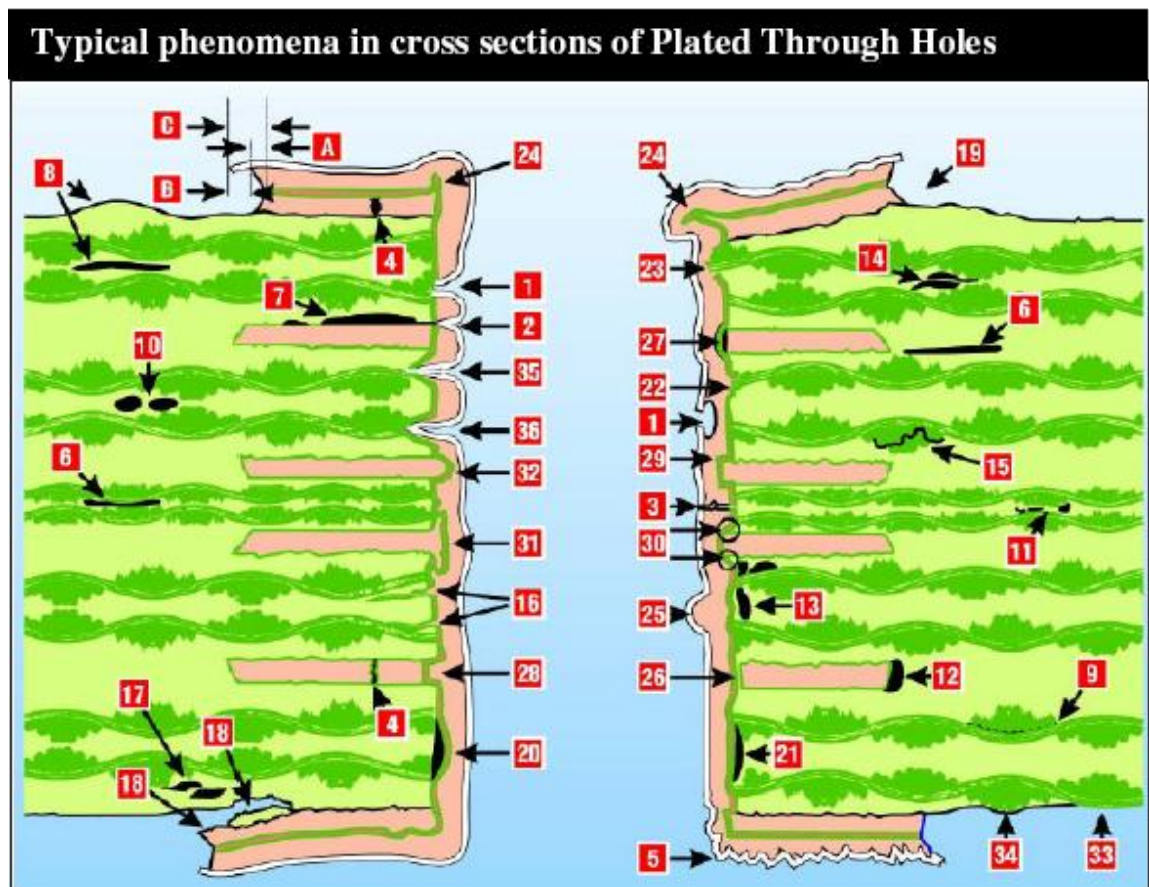
Mahdollinen jäysteen esiintyminen tutkitaan reiän jokaisesta kulmakohdasta ja välikerroskontaktista. Välikerroskontakti ei saa olla irti reiän seinämästä. Pohjamateriaalista tarkaste- taan mahdolliset laatu-poikkeamat.

Normaalista kerroslevystä tarkastetaan läpivientireikien kuparit ja kapein johdin (perusku- pari, kasvatettu kupari). Mikäli läpivientireikien hionta on epäonnistunut, analysointi teh- dään levyn rakennepalasta (kuparit, kerrosten väliset etäisyydet).

Sokeille läpivienneille tehdään tarkastus normaalin monikerrospiirilevyohjeistuksen mu- kaisesti levyn molemmin puolin. Sekä laserläpivienneille että haudatuille läpivienneille tehdään tarkastus myös normaalin monikerrospiirilevyohjeistuksen mukaisesti.

Saatuja tuloksia verrataan materiaali- ja asiakasspesifikaatioihin sekä tuotedokumentteihin.

Kuvassa 34 on esitetty tyypillisimpiä läpivientireiässä havaittavia poikkeamia. Kuvan poikkileikkauksessa on havainnollistettu läpivientireiän sisäpinnan metalloinnissa ja läpi- vientireiän kauluksissa esiintyviä poikkeamia. Lisäksi kuvassa 34 on esitetty piirilevyn rakenteessa havaittavia poikkeamia.



**Kuva 34a. Reiän poikkileikkauksessa näkyviä vikaantumiskohtia /4/**

**Legend:**

- |                                     |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1.) Plating void                    | 21.) Resin recession       |
| 2.) Wedge void                      | 22.) Wicking               |
| 3.) Plating crack/ barell crack     | 23.) Glassfibre protrusion |
| 4.) Foil crack                      | 24.) Burr                  |
| 5.) Burned plating                  | 25.) Nodule                |
| 6.) Delamination                    | 26.) (Resin) smear         |
| 7.) Delamination pink ring          | 27.) D-effekt              |
| 8.) Blistering                      | 28.) Etchback negative     |
| 9.) Crazing/measling                | 29.) Etchback positive     |
| 10.) Laminate void                  | 30.) Shadowing             |
| 11.) Prepreg void                   | 31.) Nail heading          |
| 12.) Gap/resin recession innerlayer | 32.) Arrow heading         |
| 13.) Stress crack                   | 33.) Weave exposure        |
| 14.) Resin crack                    | 34.) Weave texture         |
| 15.) Fibrebundle crack              | 35.) Microvoid I           |
| 16.) Drilling crack                 | 36.) Microvoid II          |
| 17.) Lifted land crack              |                            |
| 18.) Lifted Land/pad lifting        |                            |
| 19.) Pad rotation                   |                            |
| 20.) Pull away                      |                            |
|                                     | A: Undercut                |
|                                     | B: Outgrowth               |
|                                     | C: Overhang                |

**Kuva 34b. Kuvan 34a numeroidut kohdat /4/**

Liitteessä 6 on selostettu kuvan 34 sanasto.

Lopuksi havaitut poikkeamat kirjataan raporttipohjaan sekä seurantavihkoon. Mikäli operaattori ei voi kuitata tuotteen mittauspöytäkirjaa hyväksytyksi, se siirretään odottamaan laatupäällikön hyväksyntää.

## 5. NYKYTILANTEEN SELVITYS

### 5.1. Nykytilanteen selvitys raportti historian pohjalta

Ensimmäinen osio nykytilanteen selvityksestä suoritettiin puolen vuoden aikana syntyneiden raporttien pohjalta. Läpikäynnin kohteeksi valittiin 1.1 – 30.6.2010 välisenä aikana syntyneet raportit. Raportoinnista poistettiin satunnaiset testitulokset sekä raportit, joita ei voinut kohdistaa tuotteisiin (esim. testinäytteet).

Edellä mainittuna aikana raportteja oli tehty 1503 kpl. Keskimäärin raportteja on tehty 251 kappaletta kuukautta kohti, josta seuraa, että raportteja tehdään keskimäärin 12 kappaletta päivittäin, taulukko 1.

**Taulukko 1. 1.1–30.6.2010 välisenä aikana suoritettut tarkastukset**

Kuukausi	Raportit yht	Accepted	Osuus kok. määrästä	Accepted with remarks	Osuus kok. määrästä	Failed	Osuus kok. määrästä	Ei kuittausta	Osuus kok. määrästä	Huom
Tammikuu	236	6	2,5 %	222	94,1 %	6	2,5 %	2	0,8 %	
Helmikuu	205	3	1,5 %	201	98,0 %	0	0,0 %	1	0,5 %	
Maaliskuu	263	12	4,6 %	243	92,4 %	1	0,4 %	7	2,7 %	
Huhtikuu	264	13	4,9 %	247	93,6 %	0	0,0 %	4	1,5 %	
Toukokuu	265	8	3,0 %	248	93,6 %	3	1,1 %	6	2,3 %	Poistettu 6 taulukkoa, alkuperäinen määrä 271
Kesäkuu	270	6	2,2 %	252	93,3 %	5	1,9 %	7	2,6 %	Poistettu 3 taulukkoa, alkuperäisiä taulukoita 273
<b>YHT</b>	<b>1503</b>	<b>48</b>	<b>3,2 %</b>	<b>1413</b>	<b>94,0 %</b>	<b>15</b>	<b>1,0 %</b>	<b>27</b>	<b>1,8 %</b>	
<b>ka</b>	<b>251</b>									

Taulukosta 1 näkyy, että operaattorit hyväksyvät 3,2 % tarkastuksista. 1 % tarkastuksista aiheuttaa tuotteen hylkäyksen ja 94 %:ssa hyväksytyissä tarkastuksissa on ollut huomautettavaa. Noin 2 % raporteista on jäänyt kuittaamatta, mutta ovat oletettavasti hyväksytyjä. Mikäli tuotteella havaitaan huomautettavaa, tarkastustuloksen hyväksyy laupäällikkö tai hänen varahenkilönsä.

Yhteenvedossa huomio kiinnittyy niihin tarkastuksiin (94 % osuus kaikista raporteista), joissa on havaittu huomautettavaa, mutta jotka on kuitenkin hyväksyty. Lopullisen hyväksynnän antava henkilö on kussakin em. tapauksessa käynyt henkilökohtaisesti tarkistamassa raportin ja antanut hyväksynnän.

Raporttien huomautukset ovat hyvin samankaltaisia, joista esimerkkinä seuraavat:

- (levyn paksuus maskin kanssa 1665µm) RKI/ kastotina epätasainen, reikien kauluksien kulmissa ei ole juuri lainkaan/ maski ylikehittynyt ja paikoin irti/ tulppaus paikoin hieman vajaa/ johtimen leveys hieman alle
- RKI/ 1-2 ja 3-4 pp välit alle materiaalispeksin/ 2-3 väli yli (speksattu 960µm +/- 10%)
- LP maskin kanssa 1597µm RKI/ pp 3-4 alle/ core yli



Havaitessaan selkeästi hylättävän raportointituloksen informoivat operaattorit siitä välittömästi eteenpäin, jotta tarvittavat jatkotoimenpiteet voidaan aloittaa. Muissa tapauksissa raportit jäävät odottamaan.

Hylättyjä raportointituloksia seurata-aikana on ollut 15 kappaletta eli yhden prosentin verran koko raportointimäärästä. Hylätyt tuotenimikkeet eivät ole pääsääntöisesti toistuvia, taulukko 2.

**Taulukko 2. 1.1–30.6.2010 välisenä aikana tehdyt hylkäykset**

	Raportoidut tuotenimikkeet	Hylätyt	Hylätyt eri tuotenimikkeet	Hylättyjä toistuvissa tuotenimikkeissä	Hylätyt tuotenimikkeet					Toistuvat tuotenimikkeet
					ER100302	NE100103	SA092511	SI093808	ST095106	
Tammikuu	124	6	5	0	ER100302	NE100103	SA092511	SI093808	ST095106	NE100103, valm
Helmikuu	138	0	0	0						
Maaliskuu	157	1	1		NE100913					
Huhtikuu	157	0	0	0						
Toukokuu	161	3	3		ER094822	FL092508	NC101712			
Kesäkuu	173	5	4	1	CO101416	CO102011	KY091209	SI084313		SI084313, valm.
<b>YHT</b>		<b>15</b>		<b>1</b>						

Yhteyttä ns. massatuotteisiin/hylättyihin tuotteisiin ei myöskään voida selvästi osoittaa. Taulukkoon 3 on kerätty seuranta-ajan aikana raportoidut tuotenimikkeet, joista on syntynyt 5 tai useampi raportti.

**Taulukko 3. 1.1–30.6.2010 välisenä aikana tehdyt tarkastukset tuotenimikkeistä, joista on 5 tai useampi raportti.**

	Raportoidut tuotenimikkeet	Hylätyt eri tuotenimikkeet	Hylättyjä toistuvissa tuotenimikkeissä	Hylätyt tuotenimikkeet							
				NE080312/6	NE085104/24	NE092304/11	NE092706/13	NE095008/15	SI093808/6		
Tammikuu	6	1	0	NE080312/6	NE085104/24	NE092304/11	NE092706/13	NE095008/15	SI093808/6		
Helmikuu	4	0	0	CO100402/7	NE080312/5	NE085104/19	NE095008/9				
Maaliskuu	8	0	0	ER100706/7	NE085104/10	NE092304/11	NE092707/5	NE094611/10	NE094922/10	NE095008/13	NE100109/5
Huhtikuu	5	0	0	CO101416/26	NE074206/8	NE085104/13	NE092707/10	NE100918/5			
Toukokuu	3	0	0	CO101416/44	NE081102/5	NE092707/8					
Kesäkuu	6	2	0	CO101416/6	CO102011/8	NE082010/8	NE094702/6	NE094922/5	NE101620/5		
<b>YHT</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>0</b>								

Tehtyjen raporttien pohjalta ei voida päätellä, onko hylättyjen tuotenimikkeiden välillä jonkinlainen yhteys, esim. tuotteiden toistuvuuden, tuotteiden prosessien tai tuotteiden valmistusajankohdan välillä.

Jotta hylätyistä tuotteista voitaisiin tehdä selkeämpää analyysia, tulisi niiden prosessia tarkastella lähemmin ja tehdä analysointia sen pohjalta. Lisäksi tulisi tietää onko ko. hylkäys ajankohtina ollut esim. prosessointilinjoissa ongelmia, jotka voidaan yhdistää hylkäyksiin.

## 5.2. Operaattoreiden kyselyhaastattelu

Kysely suoritettiin tuotelaboratorion kolmelle operaattorille.

Kyselylomake on esitetty liitellä 7.

Haastattelun kysymykset olivat seuraavat:

- Tällä hetkellä tehokkain/luotettavin toiminto/laite?
- Tällä hetkellä tehottomin/epäluotettavin toiminto/laite?
- Kiireellisin korjaustarve (toiminto/laite)?
- Jos edetään ”pienin askelin”, mikä toimintoa/laitetta olisi hyvä parantaa heti?
- Omat kommentit osaston toiminnasta...

Koska operaattoreita on vain kolme, suoritettiin haastattelu kirjallisen kyselyn sijasta yhteiskeskusteluna.

Keskustelun tulokset:

- Tällä hetkellä tehokkain/luotettavin toiminto/laite?
  - mikroskoopit.
- Tällä hetkellä tehottomin/epäluotettavin toiminto/laite?
  - hiomakone (koneappulat): nappulan suoruus/planaarisuus, hionta-ajan merkitys
  - näyteleikkuri: tappien kiinnitys, yleensä osien kuluneisuus.
- Kiireellisin korjaustarve (toiminto/laite)?
  - koneappuloiden hiomakone
  - näyteleikkuri.
- Jos edetään ”pienin askelin”, mikä toimintoa/laitetta olisi hyvä parantaa heti?
  - hiomakoneen kiekko
  - toiselle mikroskoopille kuvaohjelma ja ohjelmapäivitys: nykyinen kuva epätarkka, eikä siirry suoraan raporttiin.
- Omat kommentit osaston toiminnasta...
  - työt tulevat liian myöhään labraan
  - näytteet tehdään viallisista piirilevyistä = tulosten oikeellisuus.

### Yhteenveto vastauksista

Saadut vastaukset tukevat itselle syntynyttä kuvaa tilanteesta. Konepalojen valmistukseen liittyvät laitteet koetaan vanhentuneiksi ja toiminnaltaan epävarmoiksi. Laitteiden kuluneisuus ja vikaantuminen aiheuttaa näytepalojen hionnan epäonnistumista tai hionnan läpimenoajan pitkittymistä. Varmemmin toimivalla laitteistolla voitaisiin estää töiden ruuhkaantumista läpimenoajan nopeutuessa.

### 5.3. Mukailtu FMEA

Harjoittelujakson aikana työssä havaituista poikkeamatilanteista tehtiin mukailtua FMEA-taulukkoa. Taulukon avulla voidaan havainnoida ja kerätä tarkemmin informaatiota poikkeamatilanteista ja esittää ne kokonaistilanteena.

FMEA tuki seuravana kuvatun työharjoittelun tuloksia

Liitellä 8 on esitetty esimerkki FMEA:sta.

### 5.4. Työharjoittelun aikana tehdyt havainnot

Kolmen kuukauden työharjoittelu antoi kattavan kuvan näytteiden valmistuksesta. Työvaiheet ovat selkeät ja toistuvat. Työn koostuminen useammasta vaiheesta ja muuttuvat tuotteet tuovat vaihtelua sinänsä toistuvaan työhön.

Havainnoinnin kommentit koskevat konepalojen tekemistä kaikkien päävaiheiden osalta sekä käsipalojen osalta näytteen leikkausta. Käsipalojen valmistuksessa hionnan ja kiillotuksen tekoon vaikuttaa oleellisesti operaattorin kädentaito ja rutinoituminen tehtävään.

#### 5.4.1. Leikkaus

Konepalojen leikkausta suoritettaessa ensimmäisenä kiinnittyy huomio näytepalojen merkitsemiseen eli näytteiden tuotekohtaisen yksilöintiin. Eri tuotteiden näytepalat erotetaan toisistaan värillisillä nuolitarroilla. Käytettävissä olevia tarroja on kolmea eri väriä, joita käytetään yksittäisinä tai sekoituksina.

Kun työstettäviä ja käsiteltäviä tuotteita on paljon, tulee samankaltaisia tarroituksia näytteisiin. Useamman operaattorin käsiteltäessä samoja paloja palojen sekaantumista saattaa tapahtua.

Varsinaisessa leikkauksessa näytepalan (esim. reikärivin) tappireikien ja leikkauslinjan tulisi olla mahdollisimman samassa linjassa ja suoraan leikattu, jotta kolmea näytepalaa tapitettaessa konehiottavaksi ryhmäksi, kunkin palan hiontalinja olisi suora ja samalla tasolla haluttuun kohteeseen nähden.

Jotta näytepala saataisiin irroitettua oikein, tulisi kohteen kiinnityksen olla riittävä ja luja sekä kelkan ohjauksen tulisi tapahtua suorassa. Kohteen kiinnitykseen vaikuttaa lukitusruuvien (kierreruuvitappi) kunto. Kiinnitysmekanismin kulumisesta johtuen, ruuvien kiristys ei ole riittävän luja. Näytteen kiinnityksen jäädessä vajaaksi/löysäksi näytepala pääsee liikkumaan jyrinnän aikana. Liikkuva näyte ohjautuu väärin, jolloin tappireiät voivat olla eri kohdissa ja/tai hiontalinjasta suhteessa haluttuun kohteeseen tulee vino.

Em. johtuen näytteiden hiontuminen/kiillottuminen koneellisesti samaan tasoon samanaikaisesti ei onnistu eli näytteet hiontuvat/kiillottuvat tasoltaan epätasaisesti. Lisäksi näytteen pinnanlaatu voi olla vastakkaisilta laidoiltaan poikkeava.

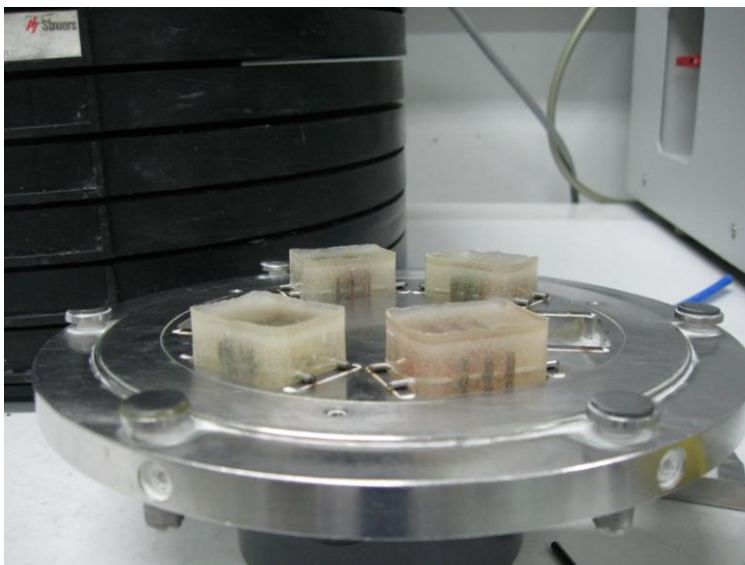
Toisaalta näytteen leikkauslinjan suoruuteen vaikuttaa operaattorin suorittama kelkan ohjaus. Kelkkaa tulisi ohjata kohtisuorasti, jotta halutun kohdan hiontalinja olisi yhtä kaukana esim. reikärivistöstä koko näytteen pituudelta. Kelkan suoruus tarkastetaan silmämääräisesti.

Leikattaessa aihion rakennepalaa tai näytettä tuotantoon palautettavasta aihiesta operaattori joutuu käsittelemään kooltaan n. 500 mm x 600 mm olevaa aihiota. Aihion koon ja painon johdosta leikkaus joudutaan suorittamaan kannattelemalla koko aihiota. Aihion kannattelun ja kiinni pitämisen johdosta operaattorin työasento on ergonomisesti erittäin huono ja rasittaa etenkin käsiä ja selkää.

Käsipalojen sekä vahvuudeltaan yli 2,5 mm:ä olevien konepalojen leikkaus tehdään laboratorion ulkopuolella sijaitsevalla hydraulisella lävistimellä. Lävistin sijaitsee tuotantohallin halliovien läheisyydessä. Leikkauslinja määritellään laservalon avulla, joka kirkkaalla auringonvalolla on hyvin himmeästi nähtävissä, johtuen halliovien yläosan läpinäkyvistä ikkunoista. Kesäaikaan lämpötilan noustessa halliovet avataan, jolloin esim. sateisena päivänä lävistimen ympäristö ja jalkapoljin ovat märät. Lävistimen ympäristössä on lisäksi viallisten tuotteiden säilytyskehikoita ym. ylimääräistä tavaraa, josta johtuen ison aihion käsittely ko. paikalla on ajoittain erittäin hankalaa.

#### 5.4.2. Hionta ja kiillotus

Konepalojen hionta ja kiillotus tehdään samalla laitteella. Hionnassa ja kiillotuksessa käytetään näytepidintä, johon näytteet asetetaan. Näytteenpidin on kuusipaikkainen, mutta käytännössä pitimestä käytetään kerralla vain neljä paikkaa, kuva 35.



**Kuva 35. Konehionta- /kiillotuslaitteen näytteenpidin**

Varsinaisen hionnan yhteydessä huomio kiinnittyy hiontatulokseen. Koneellinen hionta ei onnistu riittävästi laitteelle asetetuilla asetusarvoilla. Lähes kaikkien palojen hiontajälkeä täytyy korjata käsihionnalla. Käsihionnan tarpeen määrän vaikutti suurelta osin leikkaustulos. Kaikki käsin tehtävä hionta on lisätyötä, joka voi vaurioittaa näytettä.

Viikon viimeisenä työpäivänä sekä kone- että käsihiontalaitteet puhdistetaan hiontajättestä. Kuivunut hiontajäte poistetaan laitteesta kaatamalla vettä laitteen kaukaloon, kuvat 36 ja 37, ja poistamalla hiontajäte paperin avulla. Puhdistuksessa käytetään apuna myös harjaa. Puhdistuksessa kuivunutta hiontajätettä pölyää ympäristöön.

Käsihiontalaitteen puhdistuksessa on varottava liian veden syöttöä, koska vesi voi valua ”yli” laitteen alta.



Kuva 36. Konehiontalaitteen kaukalo



Kuva 37. Käsihiontalaitteen kaukalo

### 5.4.3. Näytteen mittaus, analysointi ja raportointi

Pääasiallisesti viallisista piirilevyistä valmistettujen näytepalojen mittaus, analysointi ja tarkastus aloitetaan kirjaamalla tuotteen perustiedot seurantavihkoon. Varsinainen mittaus tehdään mittauspöytäkirjan pohjalta. Mittaustulokset kirjataan em. pöytäkirjaan, jonka jälkeen saatuja mittaustuloksia ja visuaalisia havaintoja verrataan tuote- ja asiakasspekifikaatioihin ja IPC-A-600-standardiin. Mikäli mittaustulokset ym. havainnot poikkeavat määritellyistä, kirjataan siitä kommentti pöytäkirjaan.

Raportoinnin lopuksi pöytäkirjaan kirjatut havainnot kirjoitetaan uudelleen seurantavihkoon ja tuote siirretään odottamaan hyväksyntää.

Mittausta, analysointia ja raportointia tehdään pääsääntöisesti vain yhdessä työpisteessä. Tiloissa on myös toinen työpiste, jolla ko. työvaihetta voitaisiin suorittaa ja näin mahdollisesti purkaa ruuhkatilanteita. Toisen työpisteen kuvankäsittelyohjelma ei nykyisellään ole riittävä raportointiin.

## 6. TUTKIMUKSET JA TESTIT

Kuten edellä on mainittu, konepalojen leikkaustulos ei ole riittävän tasainen, jotta hiontaa voitaisiin suorittaa täysin koneellisesti. Leikkauslaitteen ikä ja käyttö ovat aiheuttaneet normaalia osien kulumista.

Oleellisena osana lukituksessa on lukitusruuvi (kierreruuvitappi), joka ei lukitse riittävästi kohdetta. Lukitusruuvia ei voitu kiertää riittävän tiukalle, jotta esim. raskaat ja isot aihiot olisivat pysyneet jyrinnän aikana kunnolla paikallaan.

Harjoittelun alkuvaiheessa leikkauksen epäonnistumisen aiheutti juuri vajaa lukitus. Kiristettäessä ruuvin ”tiukalle”, ruuvin päässä oleva (ei alkuperäinen osa) jousi ei enää tarttunut kiinni ollenkaan vastakappaleeseen ja laite joutui ”huoltoon”.

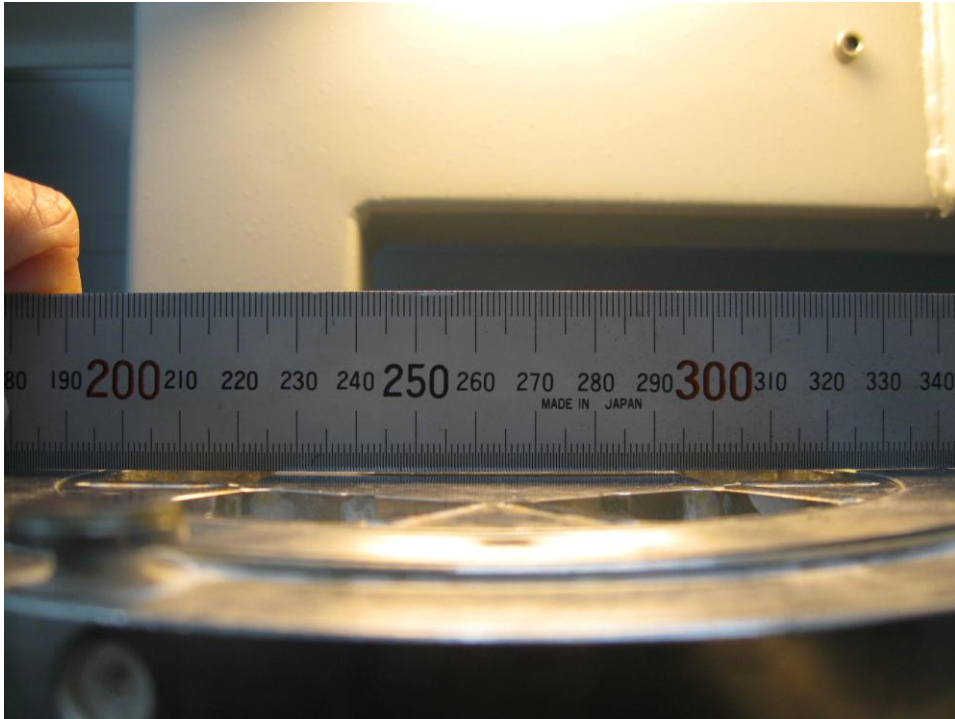
Koska laitteen käyttöaste oli jokapäiväistä, ei lukitusruuvia voitu irrottaa ja suorittaa mahdollisia tutkimuksia osan parantamiseksi.

Toisena leikkaustuloksen onnistumiseen vaikuttava tekijänä oli kelkan ohjaus jyrinnän aikana. Ohjaus suoritettiin silmämääräisesti ”linjaten” kelkan reuna laitteessa oleviin kahden ruuvilinjan. Aihion/piirilevyn koosta johtuen apuna käytettävät ruuvit olivat useimmin kelkan peitossa, jolloin niitäkään ei voinut käyttää apuna.

Harjoittelun aikana testattiin ohjausta vetämällä laitteen alustaan kohtisuoria viivoja, jolloin ohjukseen käytettäviä apuviivoja oli mahdollista hyödyntää paremmin. Ohjattaessa kelkkaa apuviivojen avustuksella, näytepalojen leikkauslinjan suoruus ja samankaltaisuus kaikkien ko. tuotteen palojen välillä on huomattavasti parempi.

Hionnan ja kiillotuksen ongelmana oli hionta-/kiillotustuloksen epätasaisuus. Tarkasteltaessa näytteenpidintä oli selkeästi havaittavissa, että näytteenpidin oli kiero. Ongelma näytteenpitimen suoruuden mittauksessa oli mittausmenetelmä. Laitevalmistajan ohjeistuksena mittausmenetelmäksi oli suora viivain tai vastaava ja tarkastelu useasta suunnasta valoa vasten sopivassa kulmassa.

Ehdotetulla menetelmällä mitattuna numeraalista mittaustulosta ei ollut saatavissa, ainoastaan voitiin silmämääräisesti havaita näytteenpitimen lenkous, kuva 38.



**Kuva 38. Näytteenpitimen suoruus**

Hiottavia osia sijoitettiin näytteenpitimen (oletetuille) paremmille paikoille, jolloin hionta onnistui hieman paremmin. Työtä ei kuitenkaan voinut ajallisesti tai mittaamalla varmistaa, joten varsinaisia mittaustuloksia ei ollut mahdollista kirjata. Parempi hiontatulos on vain arvio.

Koska kaikki näytepalat ovat omia yksilöitä, eikä samankaltaista leikkausta, hiontaa ja kiillotusta voida toistaa, numeraalisesti osoitettavat testaukset ja tutkimukset eivät olleet toteutettavissa.

## 7. TOIMINNAN PARANNUSEHDOTUKSET

### 7.1. Leikkaus

Nykyisen Struers Sampler -laitteen mekanismi tulisi uusida, jotta saataisiin optimaalinen näytepala ja toistettavissa oleva leikkaustulos. Oleellisin uusintatarve on lukitusruuvilla, jota on jouduttu käsittelemään kulumisen johdosta. Lukitusruuvin tämän hetkisen kunnan johdosta näytepalat eivät kiinnity riittävän lujasti paikoilleen.

Liitteessä 1 on kuvattu leikkurin mekanismi.

Laitevalmistajan ilmoituksen mukaisesti vanhaan Struers Sampler -laitteeseen saa varaosia enää rajoitetusti.

Nykypäivän näyteleikkaukseen tarkoitettuja laitteita ovat esim. SecoTom-1-tai SecoTom-10 -tarkkuusleikkurit, joilla saavutetaan huomattavasti parempi leikkaustarkkuus. Uusimpien markkinoilla olevien laitteiden vaikutus raskaiden ja isojen aihoiden käsittelyyn liittyviin ergonomisiin tekijöihin voidaan saada laitteiden testauksen ja kokemuksen myötä.

Leikkauslinjan suoruuteen voidaan myös vaikuttaa oikealla kelkan ohjauksella. Kelkan ohjausta voidaan parantaa esim. leikkurin runkoon tehtävällä tasaisin välein olevalla apuviivoituksella. Apuviivoituksen avulla kelkan ohjausta voidaan parantaa/helppottaa tappireikien porauksen ja näytepalan irtijyrsinnän aikana.

Käsi-palojen lävistyksen tarkoitettu tuotantotiloissa olevan lävistinlaitteen paikkaa muuttamalla tilavampaan ja asianmukaisempaan tilaan saataisiin ko. työpisteessä tehtävä työ turvallisemmaksi.

### 7.2. Hionta ja kiillotus

Struers Abramin -hiontalaitteen nykyinen näytteenpidin on osoittautunut kiireellisimmäksi ja ehkä jopa tärkeimmäksi ko. laitteen korjauskohteeksi.

Näytteenpitimen lenkous aiheuttaa näytteiden epätasaista hioutumista, josta aiheutuu käsin suoritettavan lisähionnan tarve. Em. aiheuttaa näytteiden läpimenoaikojen kasvamista, näytteiden mahdollista vikaantumisriskiä ja operaattoreiden käsihionta tarpeen lisääntymistä.

Laitevalmistajan mukaan nykyiseen laitteeseen on saatavissa uusi näytteenpidin. Näytteenpitimen uusiminen nykyiseen laitteeseen aiheuttaa muutoksia myös näytteiden valuprosessiin.

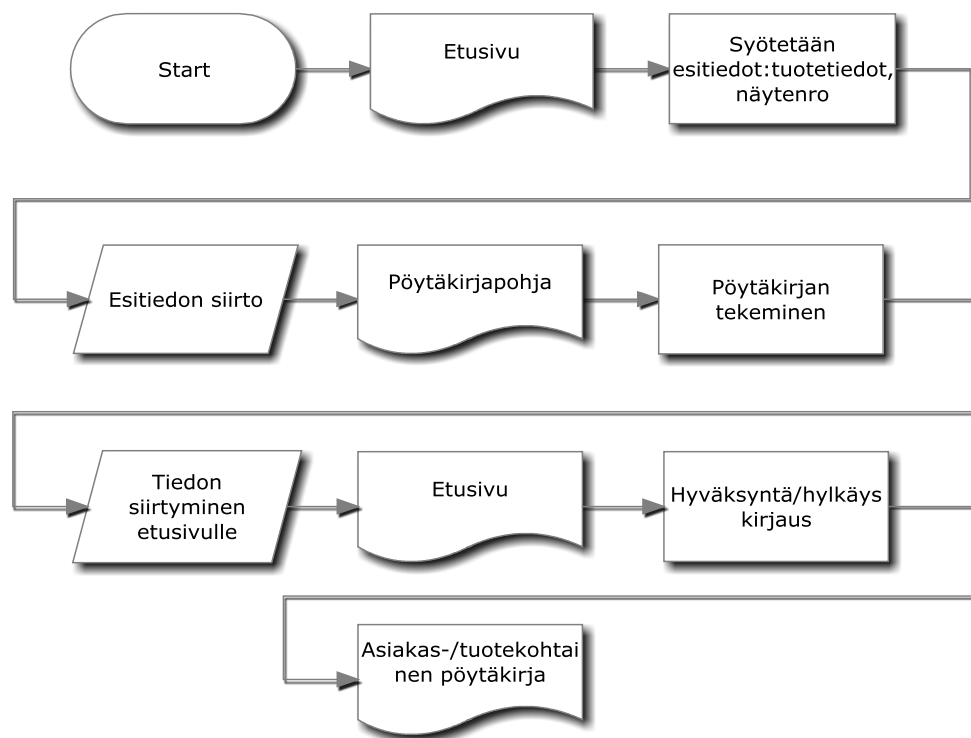


Hiontalaitteiden puhdistus tehdään nykyisellään käsin. Puhdistusta voi helpottaa hankkimalla kosteutta kestävä pölynimuri, jolloin kostea hiontapöly saataisiin suoraan kaukalosta poistettua imurin avulla. Tällöin puhdistus olisi siistimpää ja ajallisesti nopeampaa.

### 7.3. Analysointi, mittaus ja raportointi

Mittauksessa, analysoinnissa ja raportoinnissa tehdään päällekkäistä työtä havaintojen kirjauksien yhteydessä. Havainnot kirjataan sekä seuratavihkoon että pc-pohjaiseen pöytäkirjaan. Esiselvitysvaiheessa selvisi, että jopa 94 % raporteista sisältää kommenttikirjausta, joten kaksinkertainen kirjaus vie paljon työaikaa, eikä jalosta itse työtä laisinkaan.

Työvaihetta voitaisiin kehittää ja jouduttaa suunnittelemalla pc-pohjainen seurantajärjestelmä. Kaaviossa 1. on kuvattu mahdollinen perusrunko pc-pohjaiseen seurantajärjestelmään. Varsinainen runko tulisi suunnitella todellisen tiedon ja tarpeen mukaiseksi.



#### Prosessikaavio 1. PC-pohjainen seuranta

Kaaviossa 1 kuvatussa seurantajärjestelmän perusrungossa raportointi aloitetaan etusivulta, johon kirjataan tuotetiedot, näyttenumero ym. mahdollinen tiedossa oleva esitieto. Etusivulta on linkitys mittauspöytäkirjapohjaan, johon varsinainen mittaustieto ja havainnot kirjataan. Seuraavaksi niin haluttaessa pöytäkirjan tulokset voivat kokonaisuudessaan tai määrittelyltä osin siirtyä etusivulle, johon myös laatu päällikön hyväksyntä/hylkäys kirjattaisiin.

Pc-pohjaisen seurannan ollessa tehdasjärjestelmän alainen raportointia voisi seurata mistä tahansa tehtaan tietokoneelta ja kaikilla on tieto tuloksista. Valmiit pöytäkirjat olivat esim. tarvittaessa tulostettavissa suoraan pakkaamossa toimitettavien lähetysten mukaan.

Mikäli yrityksen laatujärjestelmä ei vaadi paperikopioiden tulostusta arkistointiin, voitaisiin pöytäkirjat tallentaa sähköisessä muodossa vaadittavan ajan. Sähköinen tallennus vähentää paperiarkistointia ja tuo säästöä myös tässä muodossa.

Ruuhkatilanteissa näytteiden käsittelynopeutta voitaisiin myös parantaa päivittämällä toisen tarkastuspisteen kuvankäsittelyohjelma samankaltaiseksi varsinaisen tarkastuspisteen kanssa. Tällöin raportit ja kuvat olisivat yhteensopivia.

Pieniä ja helppoja parannuskohteita löytyi muutama, joista helpoin on uusien laskimien hankinta kuhunkin työpisteeseen. Nykyiset laskimet ovat rikkoontuneet ja painikkeiden toiminta epävarmaa.

Toisena pienenä parannuskohteena olisi nykyisten mittauspöytäkirjapohjien kääntäminen suomeksi lähinnä ohjeistus- ja mallipohjiksi. Harvemmin käytettävien pöytäkirjojen käyttö/pöytäkirja kohtien täyttö helpottuisi, mikäli pöytäkirjamalli olisi operaattoreiden omalla äidinkielellä.

#### **7.4. Työturvallisuus ja ergonomia**

Käsihionnan tarpeen vähentäminen vähentäisi operaattoreiden käsiin kohdistuvan staattisen työn määrää. Käsin tehtävässä hionnassa joudutaan pitämään palasta kiinni ns. pihtiotteella. Yksipuolinen käsien asento rasittaa myös rannetta ja hartianseutua. Käsihionnan tarpeen määrää voidaan vähentää päivittämällä nykyisen konehiontalaitteen näytteenpidin tai uudemalla ko. laite kokonaisuudessaan.

Kapeat puristus- ja tarttumaotteet (pinsettiotteet) ovat tavallisia esimerkiksi elektroniikkateollisuuden työtehtävissä. Pitkäkestoisessa kannattelussa ja kapeassa otteessa kynämäiset ja pinsettimäiset työkalut voivat pakottaa käden jatkuvaan staattiseen asentoon ja aiheuttaa ongelmia, vaikka voimankäyttö ei olisikaan suurta. Hyvin kapeassa otteessa voiman käytön ja staattisuuden kasvaessa rasitus lisääntyy erityisesti peukalon alueella (esim. painavan pahvilaatikon siirtäminen avoimista laatikon kansista). Myös suojakäsineiden käyttäminen voi synnyttää ongelmia. /6/

Ranteen asennon poiketessa keskiasennosta käden kuormitus kasvaa. Tämä johtuu siitä, että käden voimantuottokyky on pienempi ranteen taipuneissa asennoissa kuin keskiasennossa. Käsi joutuu siten työskentelemään suuremmalla osuudella maksimivoimastaan. Myös nivelten ja ranteiden rasitus kasvaa. Ranteiden toistuvat ääriasennot ovat tyypillisiä muun muassa teollisuuden vaihteissa, rakennustöissä, siivoustehtävissä ja näppäimistön ja hiiren käytössä. Ääriasentoja tulisi välttää, jos samalla käytetään runsaasti voimaa tai työkalua ohjataan staattisessa asennossa. Työkalujen muotoilulla voidaan osittain vähentää ääriasentoja. Staattisissa, työpisteeseen sidotuissakin työtehtävissä työntekijä voi vaikuttaa monin tavoin ranteiden asentoon ja käden liikkeisiin. /6/

Toinen huonon työergonomian työpiste on näyteleikkaus. Leikattaessa näytteitä isosta aihioista joutuu operaattori samanaikaisesti kannattelemaan sekä ohjaamaan ja kiinni pitämään aihioista ja leikkurin kelkasta puristusotteella. Käsitellessään kokonaista aihiota operaattori ajautuu erittäin kauas työpisteestä, jolloin esim. laitteen käynnistys on hankalaa. Aihion hankala ohjattavuus aiheuttaa sekä näytteiden leikkauslinjan poikkeamia että lisää käsihionta tarvetta.

Jotta kokonaisia aihioita olisi helpompi käsitellä leikkauksen yhteydessä, tulisi leikkurille rakentaa siirrettävät tuet, joita vasten aihion voisi laskea ja joita vasten aihiota voisi kantaa ja liikuttaa.

## 8. YHTEENVETO

Opinnäytetyöhön liittyvän harjoittelun aikana tuli selkeästi esille kuinka laitteiden iästä ja kulumisesta johtuva lisätyön tarpeella oli suora vaikutus läpimenoaikaan ja työn ergonomiseen rasittavuuteen. Työnsuorittaminen ja läpimenoaika olivat riippuvaisia myös operaattorin ammattitaidosta ja tehtävän hallinnasta.

Tällä hetkellä näytteet valmistettiin 100 %:sesti kaikista valmistuseristä. Tuotekannan laajuus ja nopeat toimituserät eivät välttämättä tue harvennettua /satunnaisotantamenetelmää. Nykyisellään yli 90 % analysoitavista tuotteista hyväksyttiin kommentein. Kommentit olivat toistuvia, eikä niiden vaikutusta tulevassa tuotannossa ollut havaittavissa.

Näytteet tehtiin ”hylätyistä” tuotteista, jolla toisaalta voi olla vaikutus tietyn tyyppisiin toistuviin kommentteihin. Edellä mainitun johdosta heräsi kysymys, voisiko analysointitapaa tarkentaa. Analysointitavan tarkennuksella toistuvia, hyväksyntään vaikuttamattomia kommentteja, olisi mahdollista vähentää ja otantataajuutta voitaisiin keventää. Nykyisellään otannan kevennys ”kaatuisi” toistuvaan kommentointitarpeeseen, mistä johtuen otantatarve pysyisi kokoajan 100 prosenttisena.

Toiminnan parantaminen vaatii laiteinvestointeja, joko kokonaan uusien laitteiden hankintana tai nykyisten laitteiden päivittämisen muodossa. Nykyisten laitteiden päivittämiseen vaikuttaa laitteiden vanhuus ja ko. mallien markkinoita poistuminen.

Merkittävänä läpimenoajan nopeuttajana katsoisin kuitenkin olevan nykyisen käsin tehtävän seurantavihkon siirtämisen pc-pohjaiseksi, jolloin kaksinkertainen tuotekohtainen kirjaaminen jää pois.

Toimintaan liittyvää kustannusseurantaa on vaikea havainnoida, koska yksityiskohtaista työajan seurantaa ei voida selvittää. Työaika ja kustannukset muuttuvat aina kunkin hetken tuotekannan ja tuotetyyppien mukaisesti. Käsiteltäessä tuotteita, jotka vaativat ns. käsipalojen valmistusta, muuttuu läpimenoaika oleellisesti, riippuen käsipalojen määrän ja näytteiden valmistuksen onnistumisen suhteen.

## 9. LÄHDELUETTELO

- /1/ Aspocomp, [WWW-dokumentti],  
[<http://www.aspocomp.com/konserni/index.html>], 17.11.2010
- /2/ Aspocomp, Oulu, [WWW-dokumentti],  
[[http://www.aspocomp.com/oulu/oulu\\_1.html](http://www.aspocomp.com/oulu/oulu_1.html)], 22.10.2010
- /3/ Aspocomp Oulu Oy, Process training -materiaali, 2004
- /4/ Aspocomp Oulu Oy, Tuoteohjeistus
- /5/ Aspocomp Oulu Oy, Työohje Hieen teko
- /6/ Jääskeläinen, Kirsi, Työterveyslaitos, [WWW-dokumentti],  
[[http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon\\_fyysisia\\_kuormitustekijoita/toistotyto/rasitusvamat\\_ohk%C3%B6iseminen/tyontekijan\\_opastus/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon_fyysisia_kuormitustekijoita/toistotyto/rasitusvamat_ohk%C3%B6iseminen/tyontekijan_opastus/sivut/default.aspx)]
- /7/ Struers, PCB-Kit Instruction manual, 01.05.1990
- /8/ Struers, [WWW-dokumentti],  
[[http://www.struers.com/default.asp?doc\\_id=104&top\\_id=5&main\\_id=23&admin\\_language=14](http://www.struers.com/default.asp?doc_id=104&top_id=5&main_id=23&admin_language=14)], 22.10.2010

## **10. LIITELUETTELO**

LIITE 1. Struers Sampler -laitteen rakenne

LIITE 2. Leikkauksen prosessikaavio

LIITE 3. Hionnan prosessikaavio

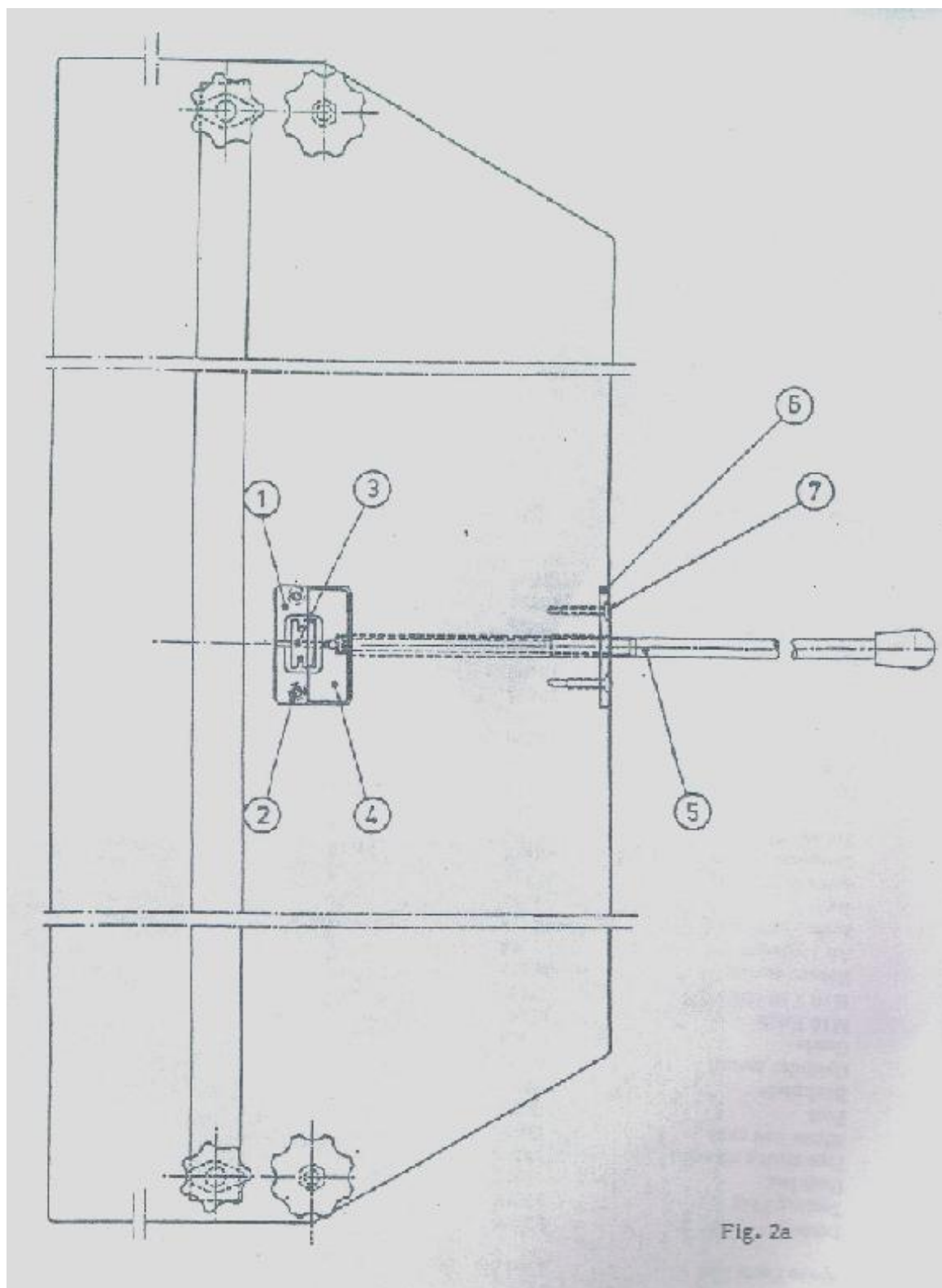
LIITE 4. Kiillotuksen prosessikaavio

LIITE 5. Mittauspöytäkirja

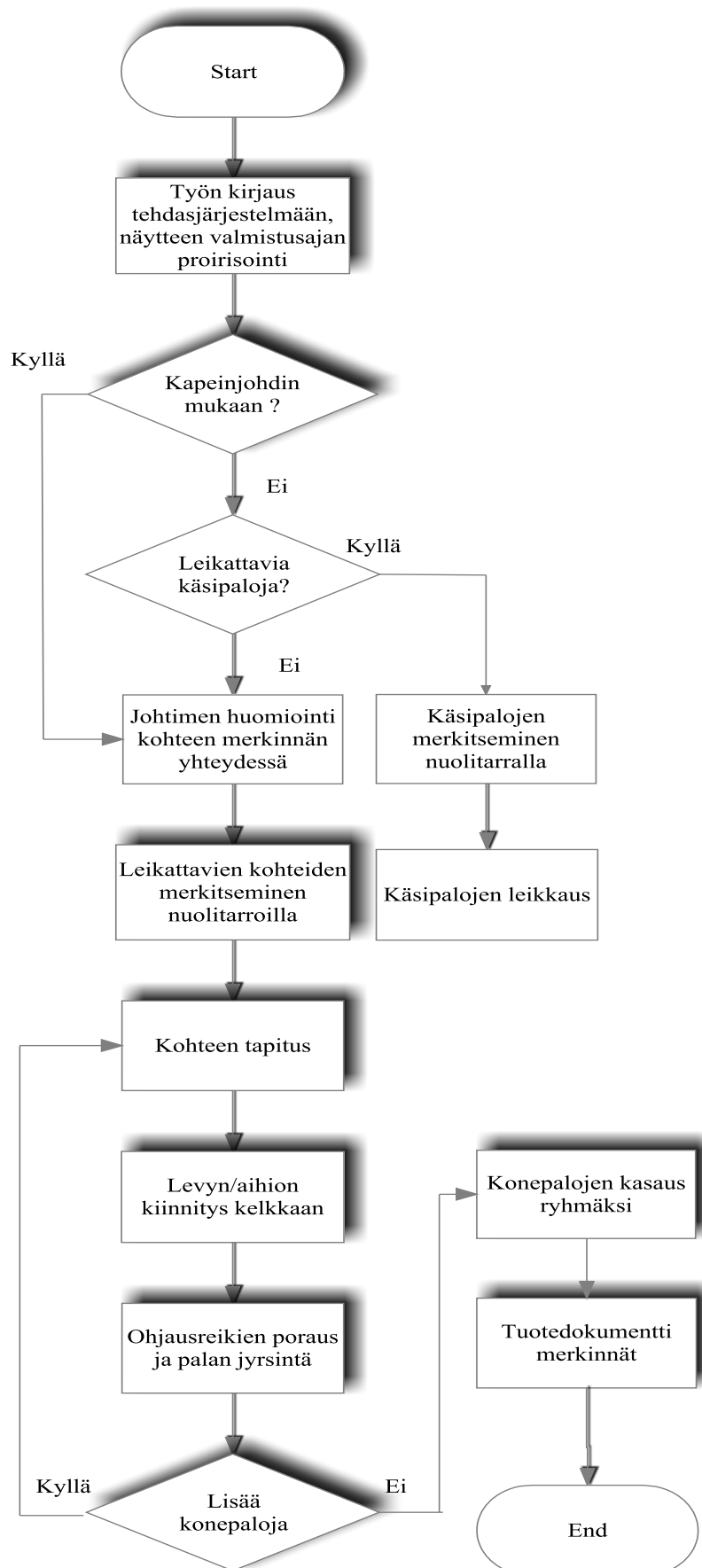
LIITE 6. Kuvan 32 sanasto

LIITE 7. Operaattoreiden kyselylomake

LIITE 8. Mukailtu FMEA-pohja

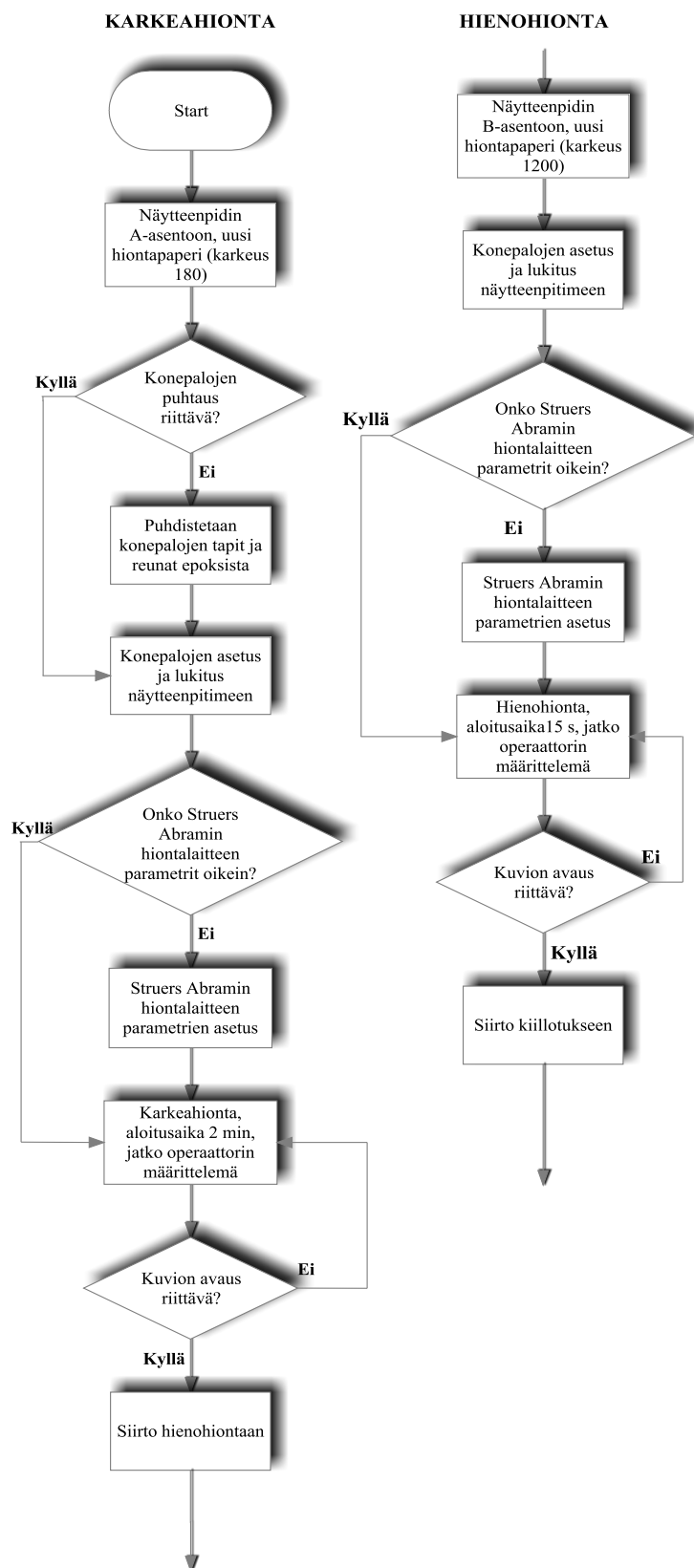
**Struers Sampler -laitteen rakenne**

## KONEPALAN LEIKKAUS

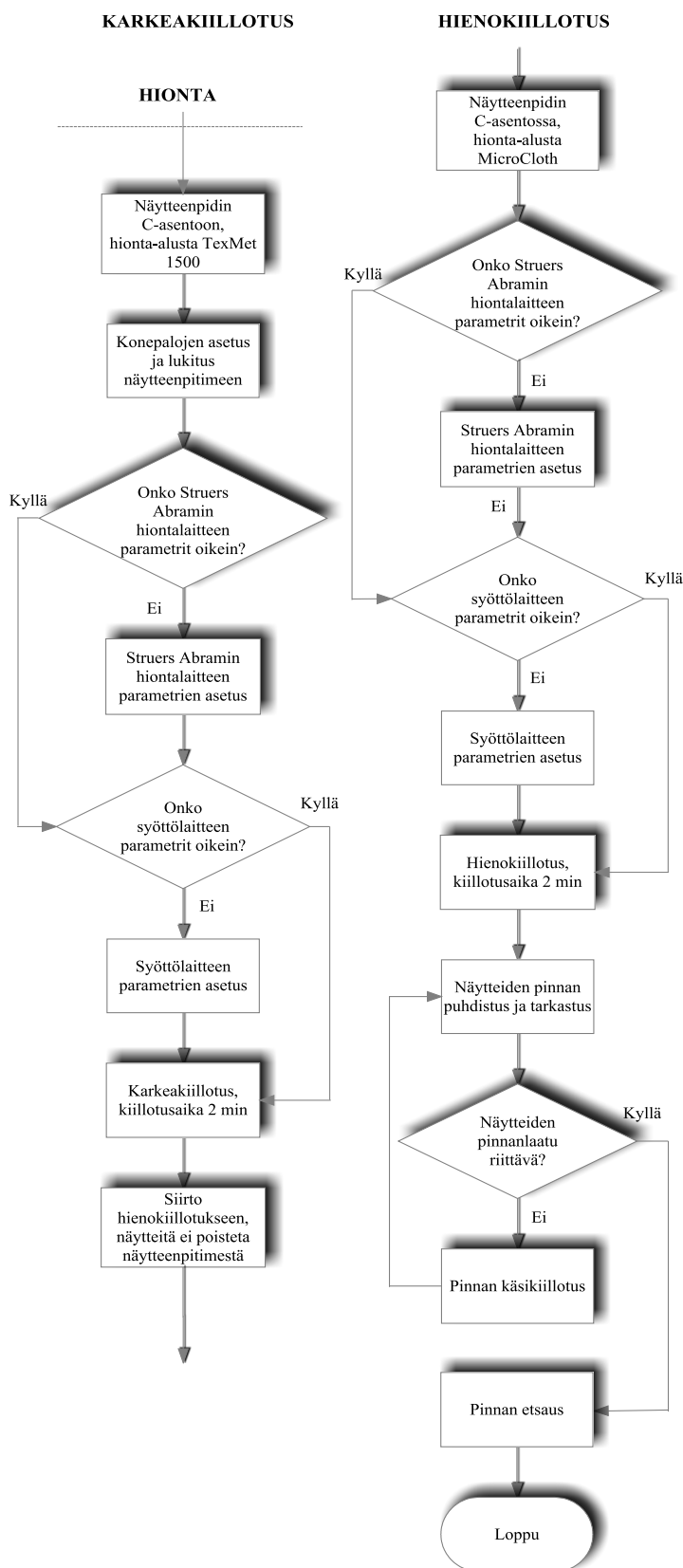




## Hionta prosessikaavio



## Kiillotus prosessikaavio





**Kuvan 34 sanasto**

1. Plating void	Metallipinnoitteessa aukko, ontelo
2. Wedge void	Metallipinnoitteessa kiilamainen aukko, ontelo
3. Plating crack/barrel crack	Metallipinnoitteessa halkeama, repeämä/ sylinterissä aukko, repeämä
4. Foil crack	Foliohalkeama, -repeämä
5. Burned plating	”Palanut” metallointi
6. Delamination	Delaminointi
7. Delamination pink ring	Reiän ympäristössä oleva delaminoitunut alue
8. Blistering	Kerrosten pullistuma, rakkuloiden muodostuminen
9. Crazing/measling	Säröily, verkkohalkeama, rakoilu
10. Laminate void	Aukko, ontelo laminaatissa
11. Prepreg void	Aukko, ontelo prepregissä
12. Cap/resin recession innerlayer	Aukko, ontelo/hartsin vetäytyminen
13. Stress crack	Jännitys -/rasitushalkeama, -repeämä
14. Resin crack	Hartsin repeämä, halkeama
15. Fibre bundle crack	Kuitukimpun halkeama/repeämä
16. Drilling crack	Porauksesta aiheutunut halkeama, repeämä
17. Lifted land crack	Kohonneen, nousseen liitosalueen aiheuttama aukko, ontelo
18. Lifted land/pad lifting	Kohonnut, noussut liitosalue
19. Pad rotation	Kiertynyt liitosalue
20. Pull away	Ironnut metallointi
21. Resin recession	Hartsin vetäytymä
22. Wicking	Imeytyminen
23. Glassfibre protrusion	Lasikuidun ulkonema
24. Burr	Särmä, jäyste, purse
25. Nodule	Nystyrä
26. (Resin) smear	Hartsitahra, käsitetään hartsijäänteenä
27. D-effect	Metallointi ei kiinnity sisäkerrosfolion päähän
28. Etchback negative	Negatiivinen eli vajaaksi jäänyt hartsin syövytys
29. Etchback positive	Positiivinen eli liian paljon syövytetty hartsi
30. Shadowing	Varjostuminen
31. Neal heading	Naulamainen ”kanta”, ulkonema
32. Arrow heading	Nuolimainen ulkonema
33. Weave exposure	Kudonta paljaana
34. Weave texture	Kudonnan pintarakenne
35. Microvoid I	Mikrohalkeama I
36. Microvoid II	Mikrohalkeama II
A. Undercut	Allesyöpyminen
B. Outgrowth	Leveyskasvu
C. Overhang	Ulkonema

## Operaattoreiden kyselylomake

Tuotelaboratorio

Kyselylomake 1/1

Tällä hetkellä tehokkain/luotettavin toiminto/laitte?

Kiikeros korjip:t

Tällä hetkellä tehottomin/epäluotettavin toiminto/laitte?

- Ohiontkone (kone rappula)
  - tasaisuus aikojen (arokettujen) suhteen
- leikkuripöytä
  - kuumitus
  - kuumiset osat

Kiireellisin korjaustarve (toiminto/laitte)?

Kuten edellä

Jos edetään "pienin askelin", mikä toimintoa/laitetta olisi hyvä parantaa heti?

Ohiontkoneen kiikeros

tyiselle tieto koneelle parempi duurolyelmas

- kuumi opätkä
- työt ei siirry raporttiin

Omat kommentit osaston toiminnasta...

- työt liian myöhään osastolle
- vialliset osat ⇒ onko tarkastus tulos oikea

FMEA		Failure mode and effect analysis/vika- ja vaikutusanalyysi					
Prosessivaihe	Virhemuoto	Virheen seurausvaikutukset	Virheen mahd. syntymissyy	Nykyinen seuranta/ valvonta	Suosittelut toimenpiteet	Vastuuhlö/ aikataulu	Suoritettut toimenpiteet
<b>Merkintä</b>	palat sekaisin	väärä merkkaustarra	kappaleet järjestelty uudelleen esim aikajärj.				
			tarra irronnut				
<b>Leikkaus</b>	leikkausjälki huono	tappeihin asennus ei onnistu	terä poikki				
		leikkaus vajaa	leikkurin tappikiinnitys vikaantunut				
	leikkaus vino	hionta hankalaa	levyn asetettavat tappit kiinnitetty väärin				
			aihio kaltevasti				
			lukitus jousi irti				
			pala leikattu vinossa asetetusta aihioista				
	virhe valutappireikien porauksessa	pala ei mene valutappeihin	porattu väärin				
			asetettu väärään kohtaan				
			porauksen yhteydessä				
			terä poikki				
<b>Karkea hionta</b>	virheet hionassa	pala vino	leikkaus epäonnistunut				
		kuvio aukeaa väärin	hiomalaikka kiero				
			käsinhionta epäonnistunut				
<b>hieno hionta</b>	virheet hionassa	pala vino					
		kuvio aukeaa väärin					
<b>alkukiillotus</b>	virheet hionassa	hienpinta ei kiiltävä	kangas vioittunut				
			kangas kuiva				
			epätasainen pinta				