

Tuomas Klemetti

TESTAAMISEN KEHITTÄMINEN SCREENTECILLÄ

TESTAAMISEN KEHITTÄMINEN SCREENTECILLÄ

Tuomas Klemetti
Opinnäytetyö
Syksy 2024
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Tuomas Klemetti

Opinnäytetyön nimi: Testaamisen kehittäminen Screentecillä

Työn ohjaaja: Annukka Tyni

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024

Sivumäärä: 34

Opinnäytetyössä kehitettiin testaamista arvoa luovana prosessina Screentecille ja sen asiakkaille. Työssä keskityttiin kolmeen testaamiseen liittyvään osa-alueeseen neljän eri tuotteen kautta. Työn aika suunniteltiin ja valmistettiin myös neulapetitesteri yhdelle valituista tuotteista.

Työssä käytiin läpi mitä yrityksen nykyisellä laitteistolla on mahdollista testata sekä pohdittiin uusia testausvaihtoehtoja. Opinnäytteessä pohdittiin myös testauksen suorittamista osana tuotantoprosessia ja sitä, missä vaiheessa ja millä välineillä se kannattaisi suorittaa. Neulapedin suunnittelu- vaiheessa käytettiin QCAD-ohjelmistoa, jolla sille luotiin laserleikkaustiedosto.

Työn tuloksena tuotiin esille kehityskohteita ja mahdollisia ratkaisuja niille sekä valmistettiin neulapeti, jota voidaan käyttää tuotteen testaamiseen.

Asiasanat: Testaus, sähköinen mittaus, suunnittelu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, Option of Machine Automation

Author: Tuomas Klemetti
Title of thesis: Developing of Testing
Supervisor: Annukka Tyni
Term and year when the thesis was submitted: Fall 2024
Number of pages: 34

In this thesis, testing was developed as a value adding process for Screentec and its customers. The work focused on three areas related to testing through four different products. During the thesis work, a bed of nails tester was designed and assembled to be used in testing of a selected product.

The work studied which electronic measurements are possible with the company's current equipment and considered new testing options. This thesis also considered testing as part of the production process and at what stage and with which tools it should be performed. During the design phase of the bed of nails tester, QCAD software was used to create a laser cutting file.

As a result of the work, development targets and possible solutions for them were presented, and a testing bed was prepared to be used in testing the selected product.

Keywords: Testing, electronic measurement, designing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LAATU, TESTAAMINEN JA SILKKIPAINANTA.....	7
2.1	Laatu ja laadunvarmistus.....	7
2.2	Tuotantotestaus.....	7
2.3	Testaamisen tuottama lisäarvo.....	8
2.4	Painettava elektroniikka ja silkkipainotekniikka	9
3	TESTAUSTOIMINTA SCREENTECILLÄ TYÖN ALUSSA.....	11
3.1	Testauksen nykytila.....	11
3.2	Nykyinen testauskapasiteetti	12
4	TESTAAMISEN KEHITTÄMINEN.....	14
4.1	Testaaminen painoprosessin jälkeen	14
4.2	Lopputestaus.....	17
4.3	Alumiinipussien testaaminen	18
4.3.1	Materiaali I	20
4.3.2	Materiaali L	21
4.3.3	Materiaali IF4C.....	22
4.3.4	Materiaali IF4	23
5	NEULAPETITESTERIN SUUNNITTELU JA VALMISTAMINEN.....	25
5.1	Testipenkin rakenne	25
5.2	Neulapedin suunnittelu ja valmistus	26
6	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	33
7	LÄHTEET	34

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää testaustoimintaa arvoa luovana prosessina Screentec Oy:lle ja sen asiakkaille. Työssä keskitytään kolmeen testaamiseen liittyvään kohtaan neljän eri tuotteen kautta, jotka ovat:

- tuotteiden lopputestaus
- testaaminen painoprosessin jälkeen
- loppupakkausten eli alumiinipussien testaaminen.

Työn osana suunnitellaan ja valmistetaan neulapetitesteri yhdelle valituista tuotteista, jolla voidaan varmistaa painetun osakomponentin toimivuus painoprosessin jälkeen ja ennen loppukokoonpanoprosessia. Näin myös vähennetään tuotteen visuaaliseen tarkistamiseen käytettävää aikaa.

Screentec Oy on Oulussa vuonna 1989 perustettu silkkipainoon ja elektroniikan valmistuspalveluihin keskittyvä yritys. Screentecin valmistamat tuotteet on tarkoitettu lääkinnällisiin ja teollisiin sovelluksiin. Yritys työllistää noin 50 työntekijää. (1.)

Screentec valmistaa käyttöliittymiä kovan kulutuksen kohteisiin, kuten liikenteeseen, turvajärjestelmiin, sairaaloihin ja teollisuuteen. Screentec valmistaa myös kertakäyttöisiä lääkinnällisiä elektrodeja asiakkaille diagnostisiin sekä terapeuttisiin tarkoituksiin. Näitä elektrodeja voidaan käyttää esimerkiksi aivosähkökäyrien, sydänfilmien, bioimpedanssin ja happisaturaation mittaamiseen. Yritys tarjoaa myös tuotekonsultaatiopalveluita, joiden avulla asiakkaat voivat löytää tehokkaimman tavan valmistaa prototyyppisiä ja konseptituotteita massatuotantoon. (1.)

2 LAATU, TESTAAMINEN JA SILKKIPAINANTA

2.1 Laatu ja laadunvarmistus

Laatu mittaa sitä, missä määrin tuotteen tai kohteen ominaisuudet täyttävät sille asetetut vaatimukset. Nämä vaatimukset määrittyvät siitä, mihin tarpeeseen valmistettava tuote tai palvelu on tarkoitettu, asiakkaan toiveista ja omista odotuksista tuotteen ominaisuuksille. Laatua tulee vaalia ja kehittää, jotta yritys pysyy kilpailukykyisenä. Hyvä laatupolitiikka mahdollistaa yrityksen maineen ja taloudellisen kasvun, suojaa yritystä riskeiltä ja kasvattaa sen tehokkuutta. Jos esimerkiksi yritys salaa tiedon, että sen tuotteet eivät täytä jotain yleisesti hyväksyttyä laatukriteeriä, voi tiedon ilmi tulemisella olla katastrofaaliset seuraukset yritystoiminnalle. (2.)

Laadunvarmistuksen keinoin määritellään ja toteutetaan toimenpiteet ja standardit, joilla varmistetaan valmistettavalle tuotteelle asetetut vaatimukset. Se on yrityksen sisäistä toimintaa, joka mahdollistaa asiakkaalle parhaan mahdollisen tuotteen tai palvelun. Laadunvarmistus lisää asiakkaan uskoa valmistajaan samalla valmistusprosesseja ja niiden tehokkuutta parantaen. (3.)

Laadunvarmistuksen tueksi on luotu ISO 9001 -standardi. Se kiteyttää hyväksi ja toimivaksi havaittuja toimintamalleja yrityksen johdon käytettäväksi. Standardin mukaan tuotteiden vaatimuksenmukaisuuden saavuttamiseksi on yrityksen ja etenkin sen johdon varmistettava, että sen käytössä on riittävät resurssit laadunvarmistukseen. Standardin mukaan tulee määrittää, kuka on vastuussa, millaista infrastruktuuria yrityksellä on käytettävissä ja millaisten toimien kautta asetetut vaatimukset täyttyvät. Laadunvarmistuksen konkreettisia esimerkkejä ovat muun muassa tuotannon aika-tila- ja laatu-tila- ja siitä kiinnipitäminen, ajantasaiset työohjeet ja käytännöt jokaiselle työvaiheelle sekä tuotteiden testaustoiminta, jolla varmistetaan, että valmistettu tuote toimii. (4.)

2.2 Tuotantotestaus

Tuotantotestaus on yksi laadunvarmistuksen alle kuuluvista laadun mittareista, joilla pyritään estämään virheellisesti valmistettujen tuotteiden päätyminen asiakkaalle ja varmistetaan tuotteen toimivuus. Yleensä tuotantotestauksessa ei testata kaikkia tuotteen ominaisuuksia, kuten tuotteen kestävyyttä sen pudotessa lattialle, vaan laitteen toiminnan kannalta oleellimmat ominaisuudet.

Kaikki tarkempi testaaminen tuotteen ominaisuuksille, kuten aikaisemmin mainittu kestävyys, tehdään tuotekehitysvaiheessa. (5, s. 12.)

Testauksen puuttuminen tai puutteellisesti suoritettu testaus voi aiheuttaa yritykselle tarpeetonta haittaa tarkastus- ja korjaustoimenpiteiden sekä takaisinkutsujen muodossa. Nämä toimenpiteet aiheuttavat kuluja yritykselle ja voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa toimittajan maineen heikkenemisen asiakkaan silmissä esimerkiksi viallisen tuotteen aiheuttaman vaaratilanteen takia. Kun testaustuloksia seurataan säännöllisesti, voidaan tuotantoa ja testausta kehittää siten, että tällaisia ongelmatilanteita pystytään välttämään. (6, s. 1.)

2.3 Testaamisen tuottama lisäarvo

Jotta valmistettavan tuotteen testaaminen olisi hyödyllistä on sen tuotettava asiakkaalle ja/tai tuotteen valmistajalle jonkinlaista lisäarvoa. Arvoa tuottavat prosessit ovat prosesseja, joissa tuote tai palvelu saa ominaisuudet, joista asiakas on valmis maksamaan. (7.)

Arvoa luovana prosessina voidaan pitää työvaihetta, jossa esimerkiksi tuotteeseen liitetään osa, joka kasvattaa tuotteen toimintavarmuutta tai vaikkapa käyttäjämukavuutta. Asiakas tai asiakasyritys haluaa maksaa tällaisista prosesseista siksi, että se hyödyttää sitä suoraan esimerkiksi markkinoinnissa tai epäsuorasti esimerkiksi lisäämällä asiakkaiden luottamusta kyseisen yrityksen tuotteisiin. Arvoa tuottamattomana prosessina tai työvaiheena voidaan pitää esimerkiksi tuotteen kuljettamista toiselle puolelle tuotantolaitosta seuraavaa työvaihetta varten.

Kun tuotteelle tehtyjen testien lopputuloksia analysoidaan, voidaan saatuja tietoja käyttää esimerkiksi tuotteen jatkokehittämiseen. Joitakin arvoja voidaan käyttää myös tuotteen markkinointiin loppukäyttäjälle. Kun tuotteen myynti-ilmoituksessa on kerrottu vaikkapa myytävän tuotteen kulutuksenkestävyys ja kilpailevan yrityksen ilmoituksessa sitä ei ole ilmoitettu, saavutetaan lisäarvoa tuotettavaa kilpailuetua. (8.)

Kun tuotteesta saatu testidata on luotettavaa, voi myös alihankkija luottaa siihen, että asiakas on tyytyväinen lopputulokseen, jolloin tämä tyytyväisyys saattaa johtaa uusiin valmistussopimuksiin.

2.4 Painettava elektroniikka ja silkkipainotekniikka

Painettava elektroniikka on elektroniikkaa, joka on valmistettu käyttämällä perinteisiä painantamenetelmiä, joita on aikaisemmin käytetty esimerkiksi vaateteollisuudessa. Painettavaa elektroniikkaa valmistettaessa substraatin eli pohjamateriaalin päälle painetaan haluttuja ominaisuuksia tuottavia kerroksia, jotka voivat olla sähköä johtavia, sähköä eristäviä, puolijohtavia tai kosmeettisia. Substraattina eli pohjamateriaalina käytetään tavallisimmin joustavia, ohuita ja joskus myös venyviä materiaaleja. Yleisimmin käytettäviä materiaaleja ovat esimerkiksi muovi, kangas tai paperi. Painettua elektroniikkaa käytetään tavallisimmin kohteissa, joissa tuotteen tulee viedä mahdollisimman vähän tilaa ja olla poissa tieltä, esimerkiksi iholle liimattavissa lääkinnälliseen käyttöön tarkoitetuissa elektrodeissa. (9, s. 2)

Painamiseen käytetään joko arkkipaino- tai rullapainokoneita. Rullapainokoneessa substraatti tulee painokonelinjaston alkupäähän rullana, josta se kulkee koneen läpi ja päättyy painoprosessin jälkeen takaisin rullalle. Arkkipainossa taas substraatti on leikattu nimensä mukaan yksittäisiksi arkeiksi ja tuotteet painetaan niiden pintaan yksi kerrallaan.

Silkkipaino on yksi käytetyistä painotekniikoista ja ainoa painotekniikka, jota Screentec Oy käyttää. Silkkipainannassa ennen painamista valmistetaan seula, jossa on haluttu painokuvio. Seulana käytettävä materiaali pingotetaan kehikon ympärille, minkä jälkeen sen pinnalle lisätään emulsio, joka kuivataan materiaalin pintaan. Haluttu painokuvio valotetaan emulsioon ultraviolettivaloa käyttäen filmin läpi, joka estää valon pääsemiseen ei-haluttuihin paikkoihin. Seulamateriaalina käytetään yleisimmin nylonia, polyesteriä, polyarylaattia tai terästä. (9, s. 20–28)

Ennen seulan valmistusta tai sen kanssa samaan aikaan tehdään substraatille esikäsittely. Substraatti kutistetaan uunissa halutunlaiseksi sekä leikataan oikeaan kokoon. Ennen painoa myös käytettävät painomusteet sekoitetaan valmiiksi (9, s. 52–53)

Painaminen aloitetaan lisäämällä haluttu määrä painomustetta seulan päälle. Seula lasketaan käytettävän substraatin päälle, minkä jälkeen kuminen raakkeli levittää painomusteen koko seulan päälle. Muste läpäisee seulan kohdalta, josta emulsio on poistettu valottamalla painokuvion mukaisesti ja siirtyy substraatin pinnalle. Tämän jälkeen pohjamateriaali siirretään automaattisesti tai manuaalisesti kuivausyksikköön, jossa painettu muste kuivataan tai sintrataan eli saadaan muste kovettumaan puristamalla tai lämmön avulla. Juuripainetun kerroksen päälle ei voida painaa uutta

kerrosta ennen kuivaamista. Kuivaamiseen on erilaisia menetelmiä, mutta yleisimmin käytetään kuivatusuunia tai ultraviolettikuivausta. (9, s. 12–13)

3 TESTAUSTOIMINTA SCREENTECILLÄ TYÖN ALUSSA

3.1 Testauksen nykytila

Screentecillä käytännössä kaikkien tuotteiden valmistusprosessiin kuuluu jonkinlaista testausta tai tarkastusta. Tuotteen tarkastus on joko visuaalista, sähköistä tai muuta mittausta. Tuotteille suoritettavat mittaukset ja testit suunnitellaan ja sovitaan yhdessä tuotteen tilaavan asiakkaan kanssa. Testaus suoritetaan kaikille tuotteille tai vain osalle tuotantoerästä asiakkaan vaatimuksen mukaan ja testiraportti toimitetaan asiakkaalle pyydettyäessä. Vaikka asiakkaalla ei olisi mitään tiettyjä vaatimuksia testaamiselle, suoritetaan tuotteelle silti tietyt yrityksen määrittelemät toimenpiteet, esimerkiksi yrityksen ohjeistuksen mukainen visuaalinen tarkistus, jotta saadaan varmistettua tuotteen toimivuus ja laatu.

Testaamiselle on yrityksessä varattuna erikseen siihen tarkoitettu tila. Tilassa on kuusi työpistettä ja neljä kaappia tarvikkeille. Testaushuoneeseen on opinnäytetyön aloittamisajankohtana sijoitettu osa yrityksen mittalaitteista, kuten oskilloskoopit, osa tuotekohtaisista testauslaitteistoista ja yrityksen mikroskoopit. Työn aloittamisajankohtana testaushuoneesta ei ole pääasiallisesti vastuussa kukaan nimetty henkilö. Huoneessa olevista työpisteistä muutamat ovat käyttämättömänä sekä testausarvikkeille varatut kaapit sekaisin ja täynnä ylimääräistä tavaraa. Vaikka testaushuone on käytössä, eivät silti kaikki yrityksen mittalaitteet ole siellä, vaan niitä löytyy eri puolilta yrityksen tiloja, esimerkiksi taukotilan hyllystä tai jollekin tuotteelle erikseen rakennetusta tuotantosolusta.

Testaushuoneeseen tulisi sijoittaa mahdollisimman suuri osa yrityksen testauslaitteistosta. Työpisteet tulisi järjestää siten, että niillä olevan laitteiston käyttämiseen tarvittavat lisätarvikkeet, kuten mittapäät sekä -johdot ovat siististi niille määrätyillä paikoilla. Kaapit tulee järjestellä sekä niihin merkitä oma paikka jokaiselle niissä säilytettävälle mittalaitteelle ja tavaralle, jotta kaikki on helposti löydettävissä. Jos tilaan jää tyhjiä työpisteitä, ei niitä saa käyttää ylimääräisen tavarantoimittamiseen, vaan ne on pidettävä tyhjinä. Testaushuoneelle tulisi nimetä vastuuhenkilö, joka voi olla esimerkiksi erikseen testaamiseen ja sen kehittämiseen palkattu testausinsinööri tai vaihtoehtoisesti joku tuotannon esimiehistä.

3.2 Nykyinen testauskapasiteetti

Tuotteille suoritettavat testaukset ovat pääasiassa jännitteen ja resistanssin mittauksia. Kaikki tuotteet myös tarkistetaan visuaalisesti, jotta voidaan välttyä ulkoisesti huonojen tuotteiden päätymiseltä asiakkaalle. Visuaalisella tarkistuksella voidaan myös havaita osa toimimattomista tuotteista, esimerkiksi tapauksissa, joissa painettu johdin on selvästi poikki. Useimmat testit, joita tuotteille suoritetaan, tehdään asiakkaan omistamilla tuotekohtaisilla testauslaitteistoilla ja mittalaitteilla. Nämä testerit ovat asiakkaan omaisuutta, eikä niitä voida käyttää muiden tuotteiden testaamiseen. Jos tuotteelle suoritetaan mittauksia yrityksen omilla mittalaitteilla, on näiden laitteiden oltava kalibroituja. Kunnossapidon esimies vastaa siitä, että mittalaitteille tilataan kalibroinnit ajallaan ja että kalibroitiedot ovat ajan tasalla yrityksen laiterekisterissä.

Tuotteiden testaamiseen on käytössä useita erilaisia mittausvälineitä, kuten oskilloskooppeja, joilla voidaan suorittaa virran sekä jännitteen mittauksia. Oskilloskoopilla voidaan havaita esimerkiksi painikkeesta painalluksen aiheuttaman signaalin vahvuus ja näin tarkistaa sen toiminta. Käytössä on myös useita yleismittareita, joita voidaan käyttää edellä mainittujen mittausten lisäksi mittaamaan tuotteissa olevaa resistanssia ja näin selvittämään, onko esimerkiksi painovirhe johtanut siihen, että tuote on viallinen. Tuotteista on myös mahdollista mitata impedanssia, induktanssia, kapasitanssia sekä resistanssia LCR-mittarilla. Esimerkiksi resistanssia mittaamalla voidaan selvittää, onko painomuste kuivunut oikein vertaamalla mitattua arvoa tuotteelta vaadittuun arvoon. Käytössä on myös eristysvastusmittari, jolla tehdään johtavuustestausta eräissä tuotteissa oleviin nepareihin.

Käytössä on myös erilaisia työntömittoja, joilla voidaan mitata tuotteen kokoa, sekä kalvonpaksuusmittari. Tarkempaa visuaalista tarkistusta vaativille tuotteille on hankittu myös erilaisia mikroskooppeja, joilla tuotteen rakennetta voidaan tutkia tarkasti ja varmistaa, ettei rakenteiden väliin ole päässyt esimerkiksi likaa tai ihokarvoja. Tuotteiden liimaliitosten sekä alumiinipussien saumojen rikkovaan testaukseen on käytössä Xmoonfree:n valmistama vetotestilaite, jolla voidaan mitata kappaleten vedonkestoa aina 1000 newtoniin asti. Vetotesterillä voidaan esimerkiksi varmistaa, että alumiinipusseihin tehdyt saumat kestävät niihin kohdistuvat mahdolliset kuormitukset.

Silkkipainossa käytettävien aineiden, kuten erilaisten painomusteiden, hiukkaskoon mittaamiseen on yrityksellä käytössä grindometri. Grindometrillä voidaan varmistaa, että painettavassa sähköä johtavassa musteessa olevien partikkeleiden koko on sellainen, että painoprosessissa niistä muodostuu yhtenäisiä kerroksia, jotka johtavat sähköä halutulla tavalla.

Näppäimistöjen ja LED:ien toimivuuden testaamiseen on yritykselle hankittu Model 913 keyboard and LED test system program -ohjelmisto, johon voidaan luoda halutunlainen näppäimistökohtainen testaustiedosto. Näppäimistö kytketään testaamiselle tarkoitettuun tietokoneeseen adapterilla. Testausohjelmisto varmistaa tuotteen toimivuuden mittaamalla virran kulkua painetussa virtapiirissä painiketta painettaessa. Jos virta ei kulje painiketta painaessa halutulta liittimen plusnavalta halutulle miinusnavalle, tulkitsee ohjelma johtimen olevan poikki. Ohjelmisto havaitsee myös, jos oikosulun takia virta kulkee myös väärälle navalle painiketta painettaessa.

4 TESTAAMISEN KEHITTÄMINEN

Tämä työ on rajattu neljälle eri Screentec Oy:n sopimusvalmistuksena tekemälle tuotteelle. Tässä työssä tuotteista käytetään nimiä tuote B, tuote O1, tuote C ja tuote O2. Nimet tulevat tuotteiden oikeista nimistä, mutta ne on lyhennetty, jotta työssä ei paljastuisi asiakassalaisuuksia.

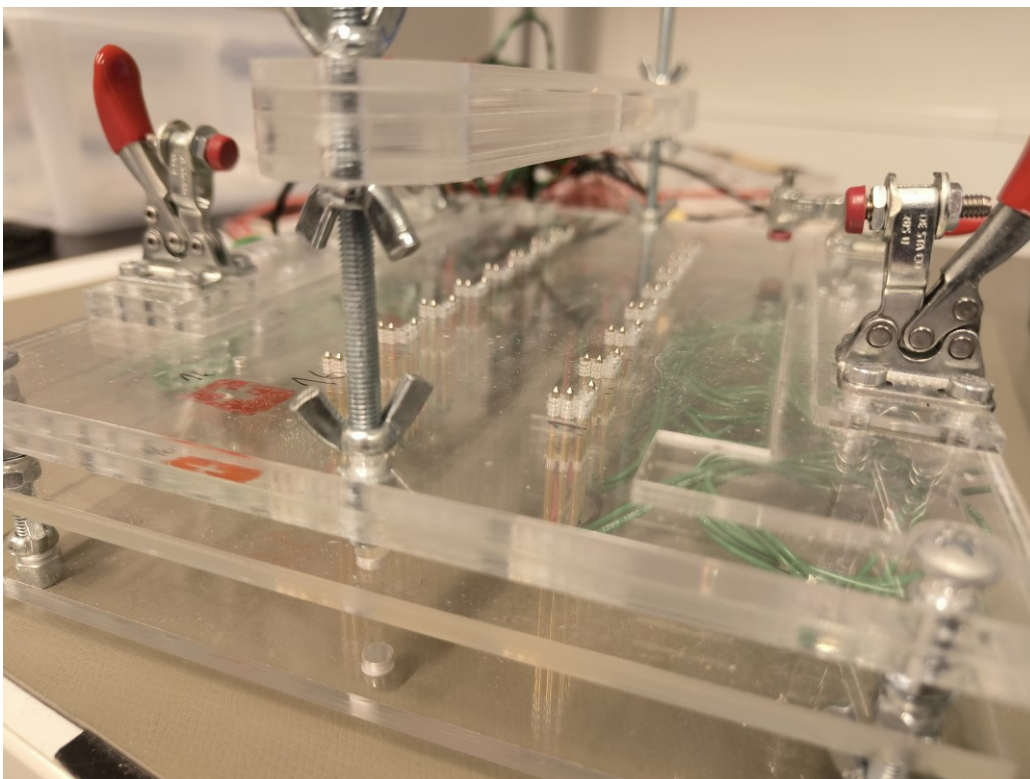
Kaikki valitut tuotteet käyttävät silkkipainoprosessilla valmistettuja osakomponentteja. Tuotteissa painettuihin osakomponentteihin on laminoitu erilaisia kalvomaisia rakenteita, kuten iholiimoja ja suojapehmusteita, joilla ne voidaan kiinnittää käyttäjän iholle. Niitä käytetään mittaamaan erilaisia ihmiskehon tuottamia sähköimpulsseja, joita syntyy esimerkiksi lihasten supistuessa ja rentoutuessa. Tällaisia mitattavia asioita voi olla esimerkiksi sydänsähkökäyrä eli EKG tai aivosähkökäyrä eli EEG. Iholta mitatut impulssit siirtyvät painettuja johtimia pitkin mittalaitteille, jotka tulkitsevat ne ja esittävät datan muodossa, jossa sitä voidaan lukea.

4.1 Testaaminen painoprosessin jälkeen

Kaikille tuotteille, joihin tämä opinnäytetyö on rajattu, kannattaisi tehdä testausta heti painamisen jälkeen. Tässä vaiheessa suoritettavat mittaukset mahdollistaisivat korjaustoimenpiteet tuotteille, joissa on visuaalisia vikoja, sekä poistavat tai vähentävät tarvetta silmämääräisille tarkastuksille. Tuotteista olisi järkevää testata johdinten jatkuvuus, resistanssi ja oikosulut. Erityisesti oikosulkutestausta tulee kehittää, koska nykyisellään tuotteissa olevat oikosulut etsitään visuaalisesti, luuppia apuna käyttäen, eikä mittaamalla. Tämä voi johtaa inhimillisen virheen takia siihen, että asiakkaalle toimitetaan viallisia tuotteita sekä toisaalta myös siihen, että toimivia tuotteita menee roskiin, sillä usein oikosululta näyttävät virheet eivät ole oikosulkuja ollenkaan.

Kyseiset mittaukset voidaan suorittaa yleismittarilla, mutta se on hidasta, sillä tuotteissa on useita mitattavia kohtia. Järkevämpää on hyödyntää yrityksen käytössä olevaa Neficon Oy:n valmistamaa NRT40-testeriä. Testerin kykenee mittaamaan tuotteesta enintään 40 vastuksessa tai johtimessa esiintyvän resistanssin sekä oikosulut. Mittausalue testerillä on $0\ \Omega - 11\ \text{k}\Omega$. Tätä laitetta käyttämällä painon jälkeisen testaamisen suorittaminen helpottuu huomattavasti, sillä mittatuloksesta saadaan selville resistanssin ja oikosulkujen lisäksi johdinten eheys tutkimalla saatuja resistanssin arvoja.

Testerin muodostaa piirilevy, jossa on viisi liitintä mittausjohtimille sekä tietokone, jolla on testerin käyttöliittymä. Testerin käyttämiseen tarvitaan myös tuotekohtaisesti suunniteltu neulapeti. Neulapeti on laite, jossa alustaan kiinnitetyistä antureista eli neuloista voidaan syöttää testattavaan kohteeseen erilaisia herätteitä. Neulapetejä käytetään yleensä piirilevyjen testaamiseen, mutta se soveltuu myös kalvolle painetun elektroniikan testaamiseen (kuva 1). Tällaista neulapetitestauksia on aikaisemmin käytetty Screentecillä piirilevyjen testaamiseen yhden tuotteen kohdalla. Neulapetitestauksia on myös kokeiltu painettujen johtimien testaamiseen, mutta sitä ei ole vielä otettu tuotannon käyttöön.



KUVA 1. Yksipuolinen neulapetitesteri

Neulapetitesterin käyttö mahdollistaa myös painojäljen kohdistuksen varmistamisen. Kohdistus painossa on onnistunut silloin, kun neulapedille asetettaessa kaikki neulat osuvat niille kuuluvalla kohdalla tuotteessa. Tuote voidaan kohdistaa testerin pintaan esimerkiksi tapeilla, neulapedin pintaan kaiverretulla kohdistuskuviolla tai itse mittausanturien avulla ja pitää paikallaan testerin pinnassa esimerkiksi alipaineella.

Jotta neulapedin käyttäminen olisi mahdollisimman tehokasta ja helppoa, tulee sillä olla käyttöön sopiva testipenkki, johon neulapetijigit kiinnitetään. Testipenkin tulee kohdistaa voimaa tuotteeseen mahdollisimman tasaisesti, jotta testaaminen on luotettavaa. Jos voima on suurempi esimerkiksi tuotteen oikeassa laidassa, saattavat vasemmalla laidalla olevat anturit menettää kontaktin mittapisteisiinsä. Testipenkin tulee myös olla helppokäyttöinen ja toimintavarma. Penkki voi kiinnittää tuotteen pintaansa esimerkiksi kansimekanismilla, joka lasketaan kohdistetun tuotteen päälle ja suljetaan salvalla tai vaikkapa polkimella käytettävien paineilmasylinterien avulla, jotka painavat tuotetta testerin pintaan.

Neulapetejä varten Screentec Oy:lle on hankittu testauspenkki, johon voidaan kiinnittää myös ulkomoitoilta suurimmat yrityksen valmistamat tuotteet. Testipenkki painaa tuotteen kansimekanismilla antureita vasten. Kyseinen kansimekanismi mahdollistaa myös tuotteiden testaamisen molemmilta puolilta, mikä on hyödyllistä, kun kyseessä on tuote, jolla on mittapisteitä molemmin puolin.

Yllä mainitut mittaukset voidaan tuote B:n kohdalla suorittaa myös sen tuotekohtaisella testauslaitteistolla NRT40-testerin sijaan. Tuote B:n testerin vaatii muutoksen testausohjelmistoon, jotta oikosulkujen testaaminen onnistuu, sekä muutoksia rakenteeseensa, sillä se on tarkoitettu käytettäväksi tuotteen laserleikkuun jälkeen. Tuote B:n testerissä on lisäksi se huono puoli, että oikosulkutestaus ja jatkuvuustestaus joudutaan tekemään eri ohjelmilla. Tämä johtuu siitä, että testerin liitinpäiden kontaktit ovat kuparisia laattoja, jotka koskettavat kaikkia liittimiä yhtä aikaa ja näin yhdistävät kaikki tuotteen johtimet toisiinsa. Nämä kontaktit on kytketty tietokoneeseen yhdellä johtimella, jolloin ohjelma ymmärtää kaikki tuotteen erilliset liittimet yhdeksi. Kun ohjelma etsii oikosulkuja sensorialueen ja liitinpään välillä, havaitsee se virran myös muilla sensoreilla, koska kuparilevy syöttää virtaa jokaiseen johtimeen. Ohjelma luulee siten kaikkien pisteiden olevan oikosulussa. Jotta oikosulkutestaus toimisi oikein, pitää testeristä peittää liitinpäille kuuluvat kontaktit, minkä takia yksi arkki joudutaan testaamaan kaksi kertaa kahdella eri ohjelmalla.

Testaus painon jälkeen tuo lisäarvoa yritykselle sisäisesti sekä ulkoisesti. Testaamisen kehittäminen ja käyttöönotto tässä vaiheessa tuotantoprosessia vähentää turhan työn määrää sekä materiaalien kulutusta, kun viallisen tuotteen valmistamiseen ja visuaaliseen tarkistamiseen ei käytetä työaikaa eikä materiaaleja. Painonjälkeiset mittaukset voivat auttaa myös saamaan kiinni esimerkiksi painokoneessa tai -prosessissa olevat viat, kun tuotteista on mittaamalla saatu selville niiden toimimattomuus. Testaaminen painon jälkeen kannattaa suorittaa kaikille tuotteille, vaikka asiakas

ei sitä erikseen vaatisikaan. Näiden mittausten kehittämiseen tehdyt toimenpiteet ovat siis kannattavia ja ne lisäävät asiakkaan luottamusta Screentec Oy:hyn sopimusvalmistajana.

4.2 Lopputestaus

Tähän työhön valituista tuotteista ainoastaan tuote O1:lle tehdään testaus valmistusprosessin loppuvaiheessa. Testaus suoritetaan tuotekohtaisella mittalaitteistolla, joka mittaa automaattisesti tuotteesta mm. impedanssia sekä tuotteen muiden ominaisuuksien toiminnan. Muiden tuotteiden kohdalla testausta tehdään kokoamisprosessin alku- tai keskivaiheessa, yleismittarilla tai tuote B:n tapauksessa tuotekohtaisella testilaitteistolla.

Kun testaus- ja mittaustoimenpiteet suoritetaan heti painon jälkeen, vähenee lopputestauksen tarve. Loppuvaiheessa suoritettavasta testaamisesta voidaan periaatteessa myös luopua kokonaan, mutta se vaatii aina asiakkaan hyväksynnän. Toisaalta, jos tuotetta laserleikataan painon testauksen jälkeen, saattavat tuotteeseen painetut johtimet katketa huonon kohdistuksen seurauksena. Tämä on hieman todennäköisempää tuote B:n kohdalla verrattuna muihin tuotteisiin, sillä siihen painetut hopeajohtimet ovat hyvin lähellä tuotteen reunaa kohdissa, joissa ulkoreuna tekee useita mutkia. Tämän takia johtimet saattavat katketa laseroperaattorin tekemän virheen takia. Johdinten katkeaminen on kuitenkin harvinaista ja sitä esiintyy vain yksittäisissä kappaleissa. Jos lopputestaus halutaan kuitenkin säilyttää osana valmistusprosessia, tuotteista tulee mitata ainakin jatkuvuus ja resistanssit. Oikosulkujen mittaaminen ei tässä vaiheessa ole enää järkevää vaan se tulee tehdä heti painon jälkeen, jotta jo valmiiksi toimimattomia tuotteita ei pääse tuotannossa eteenpäin.

Vaikka lopputestaus ei olisi välttämätöntä, voidaan sitä silti tarjota asiakkaan tuotteille. Tuotantoerästä voidaan esimerkiksi ottaa jonkin kokoinen näyte-erä, jolle suoritetaan kattavat mittaukset. Nykyisillä laitteilla tuotteista on mahdollista mitata resistanssin ja johdinten jatkuvuuden lisäksi kapasitanssin, induktanssin ja impedanssin arvot. Myös ulkoisten mittojen, kuten paksuuden mittaaminen on mahdollista. Kaikki nämä arvot saattavat vaikuttaa tuotteiden toimivuuteen tai toimivuuden varmuuteen.

Tuotteille voitaisiin tehdä myös taivutustestejä samanlaisella näytteenottoperiaatteella kuin aikaisemmin mainituissa ominaisuuksien mittauksissa. Kun tuote on tensiossa eli venytyksessä tai

kompressiossa eli taitettuna, voi sillä olla vaikutusta painettuissa johtimissa esiintyvään resistanssiin. (10, s. 73.) Nämä testit toisivat varmuutta valittujen tuotteiden toiminnasta käytön aikana, sillä kaikki tuotteet on tarkoitettu puettavaksi ihmisen päälle tai liimattaviksi iholle. Koska ihmiset liikkuvat, saattaa tuotteisiin syntyä käytön aikana venytystä tai kompressiota. Tällainen testaus saattaa kuitenkin tuhota tuotteen, etenkin väärin tehtynä, joten sen käyttöönotto ei välttämättä ole järkevää. Näille testille täytyy myös rakentaa erikseen testauslaitteistot, joilla kaikkiin tuotteisiin voidaan kohdistaa samanlaisia venytys- ja puristusvoimia.

Tuotteiden pakkaamiseen käytettyjen alumiinipussien saumojen kestävyys testaminen voitaisiin myös ottaa mukaan lopputestaukseen. Toinen vaihtoehto on testata pussimateriaalit osana materiaalin vastaanottotarkistusta. Tällä voidaan varmistua siitä, että asiakkaalle ei toimiteta tuotteita pusseissa, joiden materiaalissa on valmistusvirheitä. Nämä virheet voivat aiheuttaa sen, että pakkausten saumaaminen ei onnistu ja asiakkaalle toimitetaan avonaisia pusseja. Jos pussit jäävät auki, kasvaa tuotteiden kontaminaatioriski. Tuotteen hyllyikä, eli maksimiaika, minkä tuote voi odottaa varastossa ennen käyttöönottoa, voi myös pienentyä hapen ja mahdollisesti valon päästessä kontaktiin tuotteen kanssa. Pussimateriaalissa voi myös olla pieniä reikiä, joiden kautta ilmaa pääsee pusseihin tai niistä ulos. Reikien etsiminen pusseista esimerkiksi koko erästä on kuitenkin erittäin aikaa vievää ja se vaatii erikseen siihen tarkoitukseen rakennetun testauslaitteiston alipainekammioineen ja anturointeineen, sillä visuaalisesti tällainen tarkistus ei onnistu. Täten tuotannon näkökulmasta tällaisten testien käyttöönotto ei ole järkevää, ellei asiakas erikseen vaadi sitä.

4.3 Alumiinipussien testaaminen

Tuotteiden pakkauksina käytettyjen alumiinipussien sulkemisessa on ollut ongelmia. Pussit saumataan saumauskoneella, joka puristaa alumiinipussin kahden metallisen, vastuksella lämmitetyn rullan väliin. Lämpö sulattaa pusseissa olevan ohuen liimakerroksen, ja rullat puristavat pussien sisäpinnat yhteen luoden niiden välille tiiviin sauman. Välillä kuitenkin asiakkaille on toimitettu vahingossa tuotteita pusseissa, jotka ovat olleet auki epäonnistuneen saumauksen takia.

Koska asiakkailta on erilaisia vaatimuksia pakkausmateriaaleille, on Screentecillä useita eri materiaalityyppejä, joilla on useita erilaisia pakkausmateriaaleja. Tähän työhön rajattujen tuotteiden

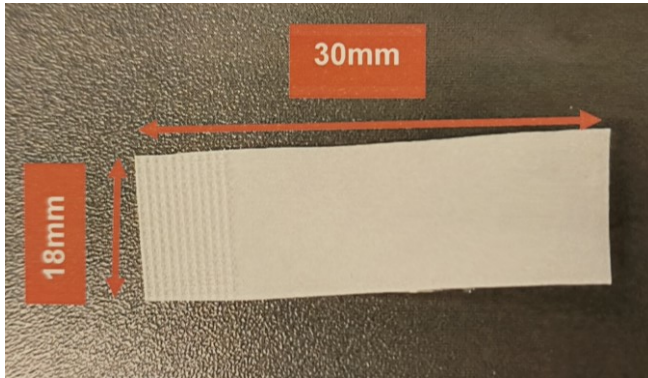
pakkaamiseen käytetään neljää eri pakkausmateriaalia, joista kolmella on sama valmistaja. Aikaisemmin kaikkien eri materiaaleista valmistettujen pussien sulkemiseen on käytetty samoja saumauskoneita, minkä takia tuotannossa on välillä unohtunut vaihtaa saumauskoneen arvot materiaalia vastaavaksi, jolloin pussit eivät ole saumautuneet kunnolla. Tämän takia saumauskoneita on hankittu lisää, jotta jokaisessa erillisessä tuotantosolussa olisi oma kone. Tällä saadaan se etu, että tuotteita ei tarvitse kuljettaa paikasta toiseen ja koneiden arvoja tarvitsee muuttaa mahdollisimman harvoin. Tässä osassa koneille määritellään tuotekohtaisesti arvot, joilla sulkeminen on suhteellisen nopeaa ja luo luotettavan sauman. Näillä arvoilla tehdyt saumat testataan vetotestissä, jotta voidaan varmistua siitä, että itsetehdyt saumat vastaavat pusseissa valmiina olevia materiaalin valmistajan tekemiä saumoja. Vetotestauksessa käytetään Mxmoonfree 500N digital force gauge -vetotestilaitetta, joka kykenee mittaamaan voimaa aina 1000 newtoniin asti (kuva 2). Laite ilmoittaa suurimman mittauspäihin kohdistuvan voiman määrän yksikössä kgf, josta se muunnetaan Excel-taulukossa newtoneiksi.



KUVA 2. Vetokoelaite

Ennen testiä pussimateriaaliin tehdään saumaus aikaisemmin Screentecillä määritetyillä arvoilla. Pussin valmistajan tehtaalla tekemästä saumasta ja itse tehdystä saumasta leikataan 10 kappaletta 18 mm x 30 mm:n kokoisia suikaleita (kuva 3). Tehdassaumat testataan ensin ja näitä arvoja käytetään vertailuarvoina myöhemmin tehtäville omien saumojen mittauksille. Ensimmäisen itse tehdyn sauman testaamisen jälkeen tuloksia tulkitaan ja jos saumojen pitävyys on parempi kuin tehdassaumoilla, lisätään koneen nopeutta ja valmistetaan uudet näytteet. Testejä jatketaan niin

kauan, kunnes löydetään saumauskoneelle nopeuden arvo, jolla saumasta tulee vastaavanlainen kuin valmistajan tehdassauma. Tavoitteena on löytää arvo, jolla pussien sulkeminen on nopeaa ja luotettavaa. Lämpötilaa ei muuteta, sillä Screentecillä on aikaisemmin määritetty, että korkeampi lämpö polttaa pussit ja alhaisempi lämpö jättää pussit auki.



KUVA 3. Testisuikale

4.3.1 Materiaali I

Työssä käytetään materiaalista nimeä I. Kirjain I tarkoittaa valmistajaa. Tätä pakkausmateriaalia käytetään tuotteen O2 pakkaamiseen.

Testilaitte	Mmoonfree 500N Digital force gauge										
Pussinsulkija	FRK900K PUSSINSULKIJA ID: 225										
Materiaali	I										
Mittaus 1				Mittaus 2				Mittaus 3			
Tehdassauma				Lämpötila	215			Lämpötila	215		
				Nopeus	8 (22-24 rpm)			Nopeus	9 (26-28rpm)		
Mittaus 4				Mittaus 5				Mittaus 6			
Lämpötila	215			Lämpötila	215			Lämpötila	215		
Nopeus	11 (36-38rpm)			Nopeus	12 (39-41rpm)			Nopeus	13(44-46rpm)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)		Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)		Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	
1	12,25	120,173		1	15,02	147,3462		1	12,56	123,2136	
2	15,78	154,802		2	14,56	142,8336		2	12,16	119,2896	
3	16,34	160,295		3	16,17	158,6277		3	14,2	139,302	
4	12,26	120,271		4	15,5	152,055		4	14,27	139,9887	
5	12,1	118,701		5	15,26	149,7006		5	15,02	147,3462	
6	12,45	122,135		6	13,66	134,0046		6	14,37	140,9697	
7	15,15	148,622		7	12	117,72		7	14,21	139,4001	
8	12,22	119,878		8	14,29	140,1849		8	16,05	157,4505	
9	13,58	133,22		9	13,73	134,6913		9	16,14	158,3334	
10	15,87	155,685		10	13,42	131,6502		10	15,78	154,8018	
Keskiarvo	13,8	135,378		Keskiarvo	14,361	140,88141		Keskiarvo	14,476	142,00956	
Mittaus 5				Mittaus 6				Mittaus 7			
Lämpötila	215			Lämpötila	215			Lämpötila	215		
Nopeus	11 (36-38rpm)			Nopeus	12 (39-41rpm)			Nopeus	13(44-46rpm)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)		Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)		Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	
1	16,24	159,314		1	14,68	144,0108		1	13,66	134,0046	
2	16,73	164,121		2	14,12	138,5172		2	10,76	105,5556	
3	14,81	145,286		3	16,47	161,5707		3	11,75	115,2675	
4	15,88	155,783		4	15,75	154,5075		4	10,97	107,6157	
5	16,86	165,397		5	15,31	150,1911		5	13	127,53	
6	16,73	164,121		6	15,44	151,4664		6	13,65	133,9065	
7	15,14	148,523		7	15,35	150,5835		7	15,4	151,074	
8	16,16	158,53		8	14,13	138,6153		8	13,38	131,2578	
9	14,97	146,856		9	15,2	149,112		9	14,37	140,9697	
10	16,08	157,745		10	15,07	147,8367		10	14,78	144,9918	
Keskiarvo	15,96	156,568		Keskiarvo	15,152	148,64112		Keskiarvo	13,172	129,21732	
Mittaus 8				Mittaus 9				Mittaus 10			
Lämpötila	215			Lämpötila	215			Lämpötila	215		
Nopeus	14(49-51rpm)			Nopeus	15(54-56rpm)			Nopeus	16(60-62rpm)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)		Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)		Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	
1	0,26	2,5506		1	0,26	2,5506		1	0,26	2,5506	
2	10,19	99,9639		2	10,19	99,9639		2	10,19	99,9639	
3	0,22	2,1582		3	0,22	2,1582		3	0,22	2,1582	
4	7,75	76,0275		4	7,75	76,0275		4	7,75	76,0275	
5	6,05	59,3505		5	6,05	59,3505		5	6,05	59,3505	
6	0,59	5,7879		6	0,59	5,7879		6	0,59	5,7879	
7	10,86	106,537		7	10,86	106,537		7	10,86	106,537	
8	12,22	119,878		8	12,22	119,878		8	12,22	119,878	
9	4,55	44,6355		9	4,55	44,6355		9	4,55	44,6355	
10	0,26	2,5506		10	0,26	2,5506		10	0,26	2,5506	
Keskiarvo	5,295	51,944		Keskiarvo	5,295	51,944		Keskiarvo	5,295	51,944	

KUVA 4. Materiaalin I vetotestien tulokset

Kuten kuvasta 4 huomataan, pystyi saumauskoneen nopeutta säätämään ylöspäin melko paljon aikaisemmin määritellystä nopeudesta 8 (22–24 rpm). Koska nopeuksilla 13 (44–46 rpm) ja 14 (49–51 rpm) pussien saumat hajosivat, suositellaan käytettäväksi nopeutta 12 (39–41 rpm), jota käytettäessä sauma ei vielä hajonnut, vaan materiaali antoi muista kohdista periksi. Tällä nopeudella myös kestävyys on vielä huomattavasti suurempi kuin tehdassaumoilla.

4.3.2 Materiaali L

Tätä materiaalia käytetään tuotteen O1 pakkaamiseen. Kirjain L tarkoittaa materiaalin toimittajan nimen ensimmäistä kirjainta.

Testilaite	Mxmoonfree 500N Digital force gauge										
Pussinsulk	FRK900K PUSSINSULKIJA ID: 225										
Materiaali	L										
Mittaus 1			Mittaus 2			Mittaus 3			Mittaus 4		
Tehdassauma			Lämpötila 215			Lämpötila 215			Lämpötila 215		
			Nopeus 12 (39-41rpm)			Nopeus 11 (36-38rpm)			Nopeus 10 (32-33rpm)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)
1	5,4	52,974	1	3,76	36,8856	1	4,46	43,7526	1	6,6	64,746
2	5,88	57,6828	2	5,35	52,4835	2	4,4	43,164	2	6,6	64,746
3	5,74	56,3094	3	3,54	34,7274	3	4,66	45,7146	3	5,03	49,3443
4	5,83	57,1923	4	5,24	51,4044	4	5,85	57,3885	4	4,35	42,6735
5	5,79	56,7999	5	4,7	46,107	5	5,56	54,5436	5	5,52	54,1512
6	5,74	56,3094	6	2,58	25,3098	6	3,69	36,1989	6	3,29	32,2749
7	5,77	56,6037	7	3,24	31,7844	7	5,35	52,4835	7	4,78	46,8918
8	5,8	56,898	8	4,85	47,5785	8	3,53	34,6293	8	4,45	43,6545
9	5,5	53,955	9	3,4	33,354	9	5,25	51,5025	9	4,67	45,8127
10	5,54	54,3474	10	4,74	46,4994	10	4,97	48,7557	10	5,47	53,6607
Keskiarvo	5,699	55,9072	Keskiarvo	4,14	40,6134	Keskiarvo	4,772	46,81332	Keskiarvo	5,076	49,7956
Mittaus 5											
Lämpötila 215											
Nopeus 9 (26-28rpm)											
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)									
1	5,22	51,2082									
2	6	58,86									
3	5,86	57,4866									
4	5,92	58,0752									
5	5,37	52,6797									
6	6,58	64,5498									
7	6,73	66,0213									
8	6,69	65,6289									
9	6,5	63,765									
10	6,35	62,2935									
Keskiarvo	6,122	60,0568									

KUVA 5. Materiaalin L vetotestien tulokset

Pakkauskoneen nopeudeksi on aikaisemmin määritelty nopeus 12 (39–41 rpm). Tuloksista (kuva 5) voidaan havaita, että aikaisemmin määritetty nopeus on liian suuri, sillä vetokokeen tulokset eivät vastaa tehdassaumojen arvoja. Tulosten perusteella nopeus 9 (26–28 rpm) olisi parempi, sillä saumat kestävät kuormaa paremmin. Nopeus 10 (32–33 rpm) ei ole sopiva, sillä saumojen kestävyys on hieman huonompi kuin tehdassaumoilla.

4.3.3 Materiaali IF4C

Työssä käytetään materiaalista nimeä IF4C. Kirjain I tarkoittaa valmistajaa ja F4C tarkoittaa materiaalin tuotekoodin loppua. Tätä pakkausmateriaalia käytetään tuotteen C pakkaamiseen.

Testilaite	Mxmoonfree 500N Digital force gauge										
Pussinsulk	FRK900K PUSSINSULKIJÄ ID: 225										
Materiaali	IF4C										
Mittaus 1			Mittaus 2			Mittaus 3			Mittaus 4		
Tehdassauma			Lämpötila 215			Lämpötila 215			Lämpötila 215		
			Nopeus 11 (36-38rpm)			Nopeus 12 (39-41rpm)			Nopeus 13 (44-46)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)
1	6,1	59,841	1	5,78	56,7018	1	6,27	61,5087	1	5,63	55,2303
2	4,84	47,4804	2	6,97	68,3757	2	6,42	62,9802	2	5,51	54,0531
3	5,59	54,8379	3	5,93	58,1733	3	5,27	51,6987	3	5,76	56,5056
4	4,13	40,5153	4	6,23	61,1163	4	5,44	53,3664	4	5,71	56,0151
5	4,34	42,5754	5	5,33	52,2873	5	5,79	56,7999	5	6,01	58,9581
6	4,89	47,9709	6	6	58,86	6	5,46	53,5626	6	5,44	53,3664
7	5,17	50,7177	7	6,13	60,1353	7	5,28	51,7968	7	6,25	61,3125
8	6,04	59,2524	8	5,91	57,9771	8	6,07	59,5467	8	6,08	59,6448
9	6,28	61,6068	9	6,02	59,0562	9	6,29	61,7049	9	5,37	52,6797
10	5,64	55,3284	10	4,72	46,3032	10	5,37	52,6797	10	6,75	66,2175
Keskiarvo	5,302	52,0126	Keskiarvo	5,902	57,89862	Keskiarvo	5,766	56,56446	Keskiarvo	5,851	57,3983
Mittaus 5			Mittaus 6			Mittaus 7			Mittaus 8		
Lämpötila 215			Lämpötila 215			Lämpötila 215			Lämpötila 215		
Nopeus 14 (49-51)			Nopeus 15 (58-59rpm)			Nopeus 16 (63-64rpm)			Nopeus 17 (70-72rpm)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)
1	6,45	63,2745	1	5,75	56,4075	1	5,75	56,4075	1	5,75	56,4075
2	6,25	61,3125	2	6,1	59,841	2	6,71	65,8251	2	5,39	52,8759
3	6,05	59,3505	3	5,45	53,4645	3	6,31	61,9011	3	5,19	50,9139
4	5,9	57,879	4	5,18	50,8158	4	6,68	65,5308	4	5,51	54,0531
5	6,34	62,1954	5	5,75	56,4075	5	6,09	59,7429	5	5,62	55,1322
6	6,28	61,6068	6	5,32	52,1892	6	6,44	63,1764	6	5,27	51,6987
7	5,17	50,7177	7	5,87	57,5847	7	6,23	61,1163	7	5,2	51,012
8	5,59	54,8379	8	5,44	53,3664	8	6,23	61,1163	8	6,34	62,1954
9	5,5	53,955	9	5,92	58,0752	9	6,54	64,1574	9	5,74	56,3094
10	5,91	57,9771	10	5,8	56,898	10	5,73	56,2113	10	5,97	58,5657
Keskiarvo	5,944	58,3106	Keskiarvo	5,658	55,50498	Keskiarvo	6,271	61,51851	Keskiarvo	5,598	54,9164

KUVA 6. Materiaalin IF4C vetotestien tulokset

Pakkaus koneen nopeudeksi on aikaisemmin määritetty nopeus 11 (36–38 rpm). Tuloksista (kuva 6) voidaan havaita, että saumattu materiaali kestää samanlaisia kuormia saumauskoneen nopeudesta huolimatta. Saamaamiseen ei kuitenkaan kannata käyttää kovin suurta nopeutta, esim. nopeutta 15 (56–59 rpm), sillä suurempi nopeus mahdollistaa operaattorin virheen saumatessa. Suuri nopeus ei myöskään tuo kovin paljoa etuja, sillä operaattori ei kykene käyttämään konetta kyllin nopeasti. Suurilla nopeuksilla ajettaessa myös koneen käyttöikä saattaa lyhentyä. Suositellaan käytettäväksi nopeuden arvoa 12 (39–41 rpm), sillä sitä käytetään moneen muuhunkin tuotteeseen, mikä estää asetuksien säätämisestä syntyviä virheitä. Tällä nopeudella sauma on myös tarpeeksi kestävä.

4.3.4 Materiaali IF4

Työssä käytetään materiaalista nimeä IF4. Kirjain I tarkoittaa valmistajaa ja F4 tarkoittaa materiaalin tuotekoodin loppua. Tätä pakkausmateriaalia käytetään tuotteen B pakkaamiseen.

Testilaitte	Mxmoonfree 500N Digital force gauge										
Pussinsulk	FRK900K PUSSIINSULKIIA ID: 225										
Materiaali	IF4										
Mittaus 1			Mittaus 2			Mittaus 3			Mittaus 4		
Tehdassauma			Lämpötila 215			Lämpötila 215			Lämpötila 215		
			Nopeus 11 (36-38rpm)			Nopeus 12 (39-41rpm)			Nopeus 13 (44-46)		
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)	Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)
1	5,35	52,4835	1	7,6	74,556	1	7,51	73,6731	1	6,86	67,2966
2	6,47	63,4707	2	8,08	79,2648	2	7,22	70,8282	2	8,42	82,6002
3	7,67	75,2427	3	7,7	75,537	3	7,75	76,0275	3	8,09	79,3629
4	7,27	71,3187	4	6,76	66,3156	4	8,13	79,7553	4	7,94	77,8914
5	7,14	70,0434	5	7,99	78,3819	5	6,42	62,9802	5	8,22	80,6382
6	6,91	67,7871	6	5,93	58,1733	6	8,45	82,8945	6	7,46	73,1826
7	7,62	74,7522	7	7,84	76,9104	7	7,97	78,1857	7	6,61	64,8441
8	7,04	69,0624	8	6,89	67,5909	8	7,89	77,4009	8	6,91	67,7871
9	6,25	61,3125	9	5,92	58,0752	9	7,58	74,3598	9	7,41	72,6921
10	7,22	70,8282	10	7,2	70,632	10	8,32	81,6192	10	6,7	65,727
Keskiarvo	6,894	67,6301	Keskiarvo	7,191	70,54371	Keskiarvo	7,724	75,77244	Keskiarvo	7,462	73,2022
Mittaus 5											
Lämpötila 215											
Nopeus 14 (49-51)											
Näyte	Voima (kgf)	Voima (N)									
1	5,36	52,5816									
2	7,93	77,7933									
3	7,41	72,6921									
4	5,9	57,879									
5	6,52	63,9612									
6	6,5	63,765									
7	6,59	64,6479									
8	5,34	52,3854									
9	6,8	66,708									
10	6,11	59,9391									
Keskiarvo	6,446	63,2353									

KUVA 7. Materiaalin IF4 vetotestien tulokset

Pakkauskoneen nopeudeksi on aikaisemmin määriteltä nopeus 11 (36–38 rpm). Kuten kuvasta 7 huomataan, pystyi saumauskoneen nopeutta säätämään ylöspäin kahden nopeusasteen verran aikaisemmin määritellystä nopeudesta. Suositellaan käytettäväksi nopeutta 12 (39–41 rpm), vaikka nopeus 13 (44 – 46rpm) kävisi myös, jotta kaikkien valmistettavien tuotteiden asetukset olisivat mahdollisimman samanlaiset. Tällä nopeudella sauma on kestävämpi kuin tehdassauma ja sulkeminen on nopeaa.

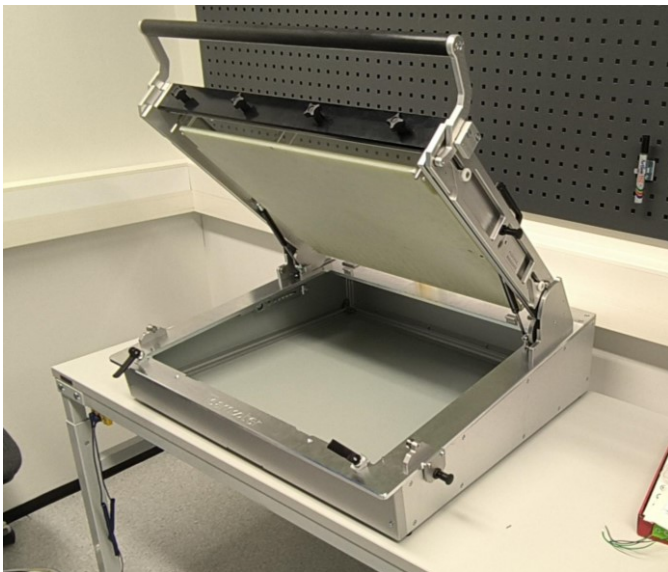
5 NEULAPETITESTERIN SUUNNITTELU JA VALMISTAMINEN

Suunniteltava neulapeti tehdään virolaisen Teamster OÜ:n valmistamaan testauspenkkiin. Kyseinen testipenkki mahdollistaa tarvittaessa tuotteiden kaksipuoleisen testauksen ja siihen voidaan valmistaa vaihdettavia testausjigejä, joihin mittausanturit kiinnitetään. Testipenkki on tehty mittatilaustyönä. Sen suurin mittaamiseen käytettävä alue on 600 mm x 450 mm, joten testausalueelle mahtuu suurin tähän työhön rajattu tuote, eli tuote C.

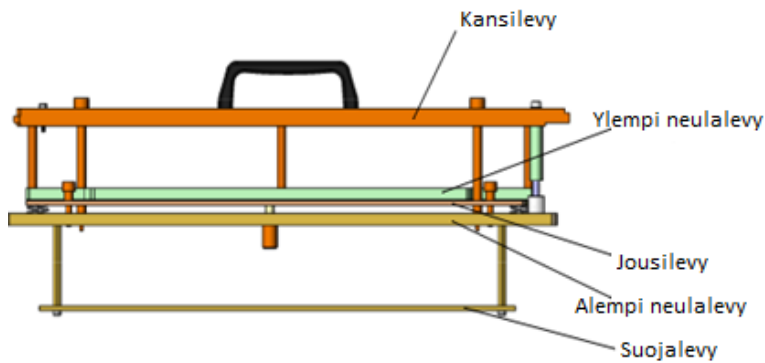
Testipenkin mukana tilattiin valmis neulapeti tuote C:n testaamiseen, mutta käyttöönotossa ilmeni, että tehtaalla poratut reiät ovat hieman liian pieniä, eivätkä testaamiseen käytettävien neulojen kiinnitysholkit sovi niihin. Tässä osassa neulapeti suunnitellaan uudestaan siten, että neulojen holkit mahtuvat paikalleen ja jigi voidaan leikata yrityksen laserleikkurilla. Työ joudutaan suorittamaan käsin mittaamalla, sillä tilatusta jigistä ei ole olemassa kuvia, joista ilmenisi kaikki tarvittavat mitat.

5.1 Testipenkin rakenne

Tester koostuu kolmesta osasta, jotka ovat itse testipenkki (kuva 8) ja sen sisään tulevat yläosa ja alaosa (kuva 9). Testattava tuote puristuu ylä- ja alaosan väliin penkin kansimekanismin avulla. Kansimekanismi lukittuu paikalleen salvan avulla. Ylä- sekä alaosaan voidaan kiinnittää vaihdettavat anturilevyt, joihin anturineulat sekä halutut kohdistuselementit voidaan paikoittaa halutulla tavalla. Ylä- ja alaosa kiinnittyvät testipenkin kehikkoon ruuvikäyttöisillä puristimilla.



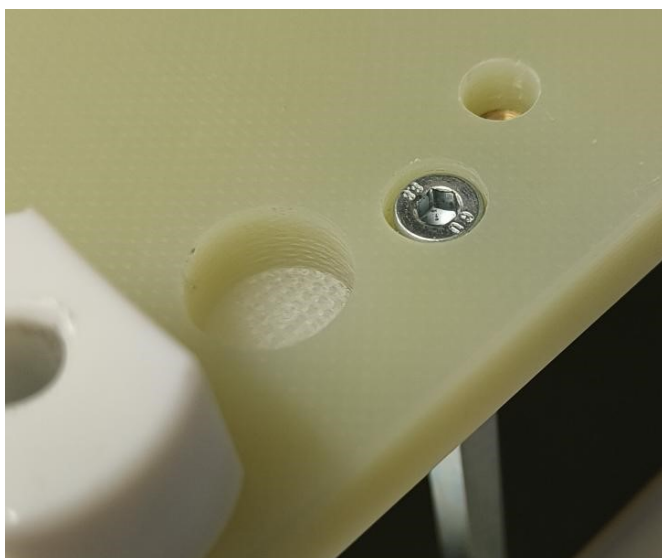
KUVA 8. Testipenkki ilman sisäosia



Kuva 9. Piirros testipenkin sisäosista nimineen

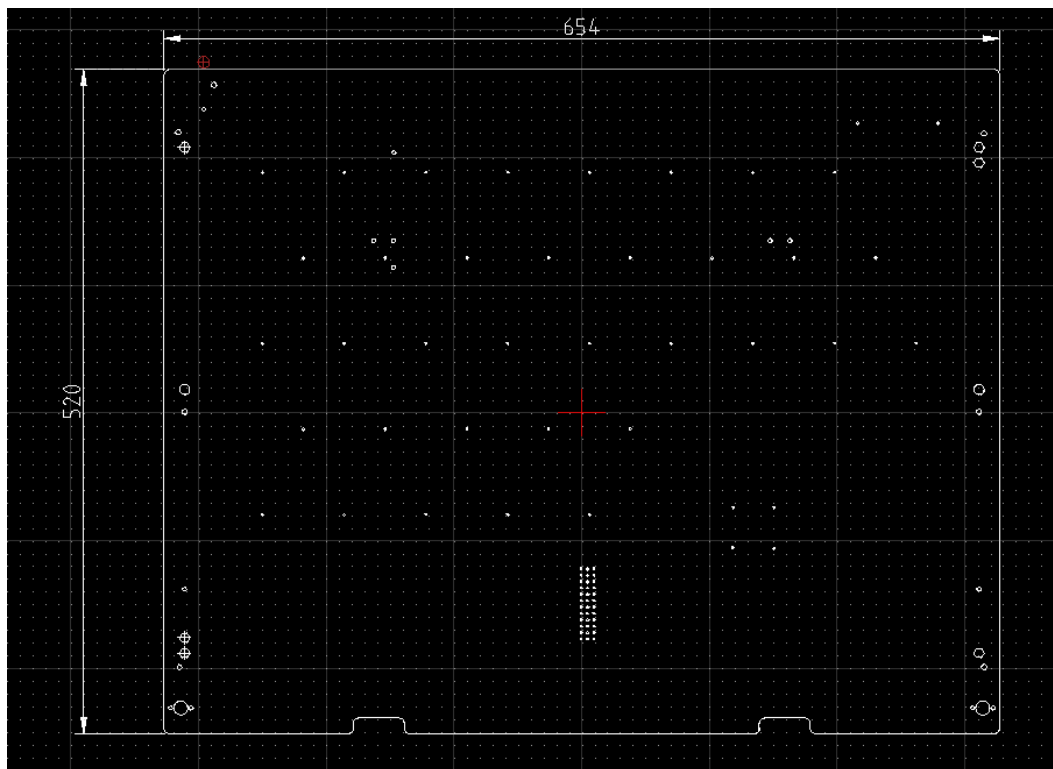
5.2 Neulapedin suunnittelu ja valmistus

Neulapedin suunnitteluun käytetään QCAD-suunnitteluohjelmistoa, jolla siitä voidaan piirtää kaksiulotteinen kuva. Piirretty kuva siirretään laserleikkurille, jolla peti leikataan irti aihioista. Tuote C on rakenteeltaan sellainen, että se ei vaadi testausta molemmilta puolilta. Tämän takia ainoastaan kuvassa 9 näkyvä alempi neulalevy -niminen osa joudutaan piirtämään ja valmistamaan uudelleen. Kyseinen osa koostuu kahdesta 5 mm:n paksuisesta levystä, jotka on liitetty toisiinsa. Tällainen rakenne mahdollistaa upotuksien tekemisen tarvittaville jousille sekä kiinnityspulteille (kuva 10).

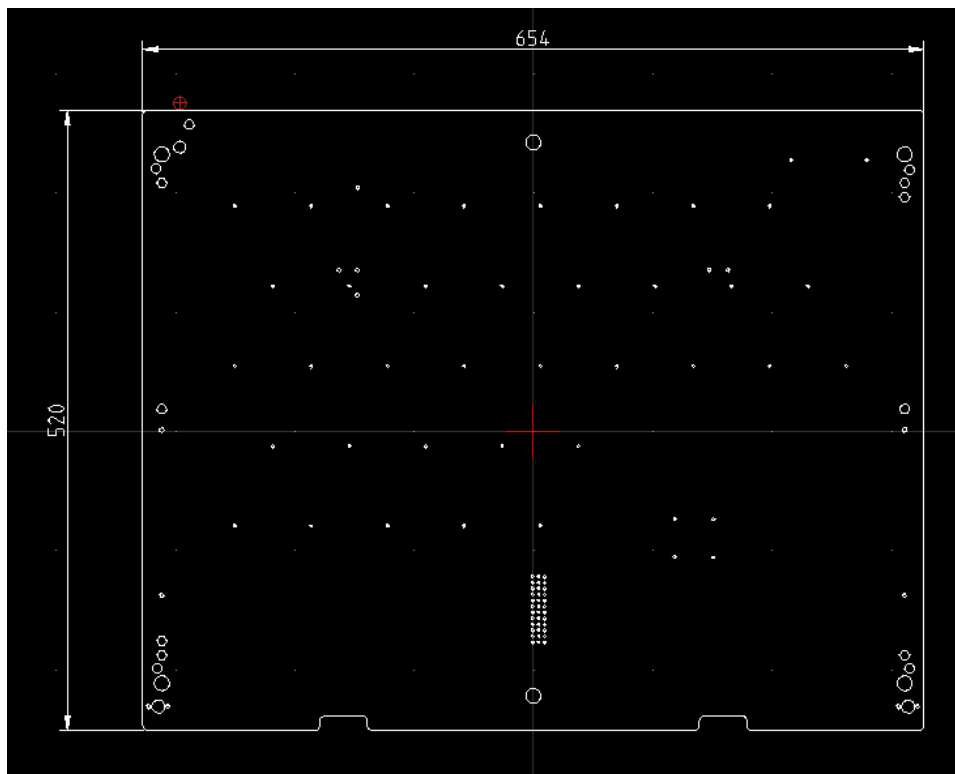


KUVA 10. Upotus jouselle sekä upotettu kiinnityspultti

2D-kuvien (kuvat 11. ja 12.) tekeminen aloitettiin mittaamalla levyjen ulkomitat sekä reunoilla olevien reikien paikat. Mittaamiseen käytettiin mittanauhaa sekä työntömittaa. Levyn jokaiseen kulmaan on upotettuna messinkinen vastinkappale, jossa on M4-kokoinen sisäkierre jousilevyn kiinnittämiseen käytettäviä sormiruuveja varten. Uusiin levyihin valittiin pyöreiden vastinkappaleiden sijaan samankokoisella kierteellä olevat mutterit, koska niitä oli yrityksellä jo olemassa ja niitä on myös helpompi hankkia tulevaisuudessa tehtäviin muiden tuotteiden neulapeteihin. Neulojen paikat saatiin käyttämällä valmiita tuote C:n suunnittelukuvia. Paikoitus tapahtui mittaamalla alkuperäisestä levystä uloimpien mittapisteiden etäisyys ulkoreunoista korkeus- sekä leveyssuunnassa. Muita mittoja esimerkiksi mittapisteiden etäisyyksiä toisistaan ei tarvittu, sillä alkuperäinen tehtaasta valmistama levy on tehty saman tuotedokumentin pohjalta. Mittapisteiden reikien koot ovat 1,5 mm alemmassa levyssä ja 1,9 mm ylemmässä levyssä. Alemman levyn reiät ovat pienempiä, jotta mitataneulan kiinnitysholkki ei valahtaisi levystä läpi. Kun holkki kiinnittyy alempaan levyyn, tulee myös mittausneula oikealle korkeudelle. Liian ylös jäädessään neula saattaa taivuttaa kalvoa, jolle tuote on painettu, ja aiheuttaa kohdistuksen epäonnistumisen.



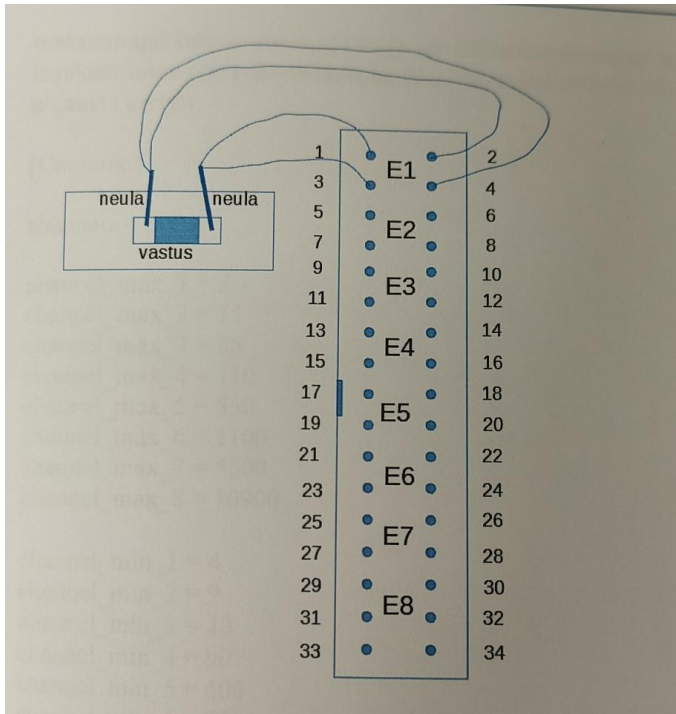
KUVA 11. Alemman neulalevyn alalevyn laserleikkuutiedosto



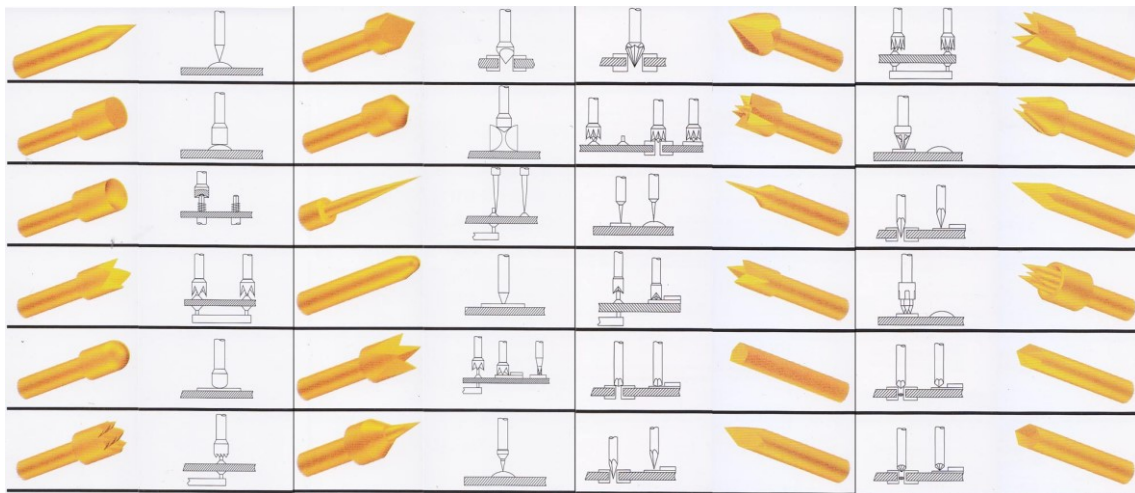
KUVA 12. Alemman neulalevyn ylälevyn laserleikkuutiedosto

Levyt valmistetaan 5 mm:n vahvuisesta akryyllilevystä ja ne kiinnittyvät toisiinsa M4-kokoisilla kuusiokolopulteilla, jotka kiinnittävät myös kuvassa 9 näkyvän suojalevy-nimisen osan kokoonpanoon. Lisäksi kuvassa 10 näkyvän valkoisen liikkeenrajoittimen ruuvikiinnitys pitää levyjä yhdessä.

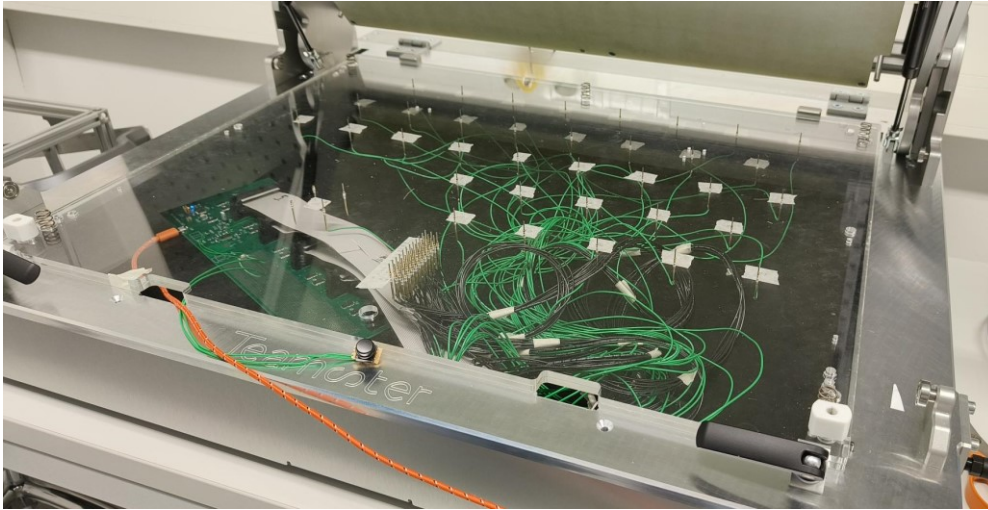
Levyihin kiinnitetään mittapisteiden kohdalle mittaneulojen holkit ja niihin juotetaan kiinni 34-johtimiset lattakaapelit testerin valmistajan ohjeen mukaisesti siten, että jokaiselle neulalle menee kaksi johdinta (kuva 13). Nämä kaksi lattakaapelin johdinta yhdistettiin yhdeksi johtimeksi juottamalla ne hyppylankoihin, jotka puolestaan juotettiin neulojen holkkeihin kiinni. Tämän jälkeen holkkeihin valitaan neulat. Neuloista on olemassa useita eri versioita, joissa pään muoto vaihtelee (kuva 14). Kaikki neulat voidaan painaa itsensä sisään, ja ne palautuvat takaisin jousen avulla. Testeriin valittiin litteäpäiset neulat, sillä teräväpäiset neulat saattaisivat esimerkiksi puhkaista tuotteen pohjamateriaalin tai naarmuttaa ja pilata hopealla painetun johtimen. Neulojen valitsemisen ja kiinnittämisen jälkeen testeri on valmis jousilevyn kiinnitystä varten (kuva 15).



KUVA 13. Kytentäohje lattakaapeleille.

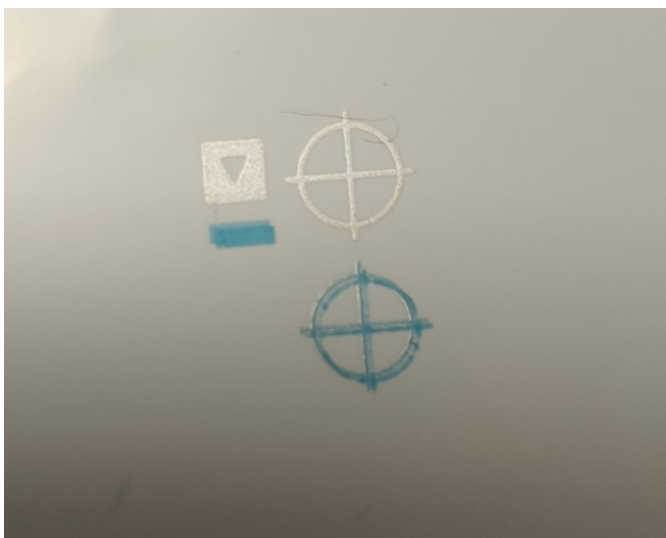


KUVA 14. Erilaisia anturineuloja (11.)



KUVA 15. Testeri neuloiheen ja johdotuksineen ilman jousilevyä

Tuotteen kohdistamista jousilevyn pintaan hankaloittaa se, että tuotteen pohjamateriaaliin ei ole leikattu kohdistusreikiä vielä tuotteen tullessa painosta. Tuotetta ei voi kohdistaa pohjamateriaalin ulkoreunoja hyväksikäyttäen, koska reunat eivät ole täysin suoria. Tuotteen pinnassa on kuitenkin hopeiset kohdistusmerkit, joita käytetään painossa pohjamateriaalin kohdistamiseen (kuva 16). Nämä merkit mahdollistavat kohdistamisen myös testauksessa siten, että jousilevyyn porattiin kohdistusmerkkien kokoiset reiät samoihin kohtiin, jossa ne tuotteessakin sijaitsevat. Kun poratusta reiästä heijastetaan valoa, tulevat porattujen reikien reunat näkyviin tuotteen pohjamateriaalin läpi sen ollessa jousilevyn päällä.



KUVA 16. Kohdistusmerkki

Valon tuottamista varten reikiin liimattiin neljä keltaista Kingbright L-7113SYC-J3 LED-valoa, ja niille syötettiin jännite kahdella 1,5 voltin AA-kokoisella sormiparistolla. Paristot asetettiin koteloon, joka kytkee ne sarjaan, jolloin syötettävä jännite on 3 voltia. Yhden LED-valon kynnysjännite eli jännite, jolla valo syttyy on 2,5 voltia ja nimellisvirta 2 milliampeeria. Ohmin lakia käyttäen saadaan laskettua neljän LED:in vaatima kokonaisjännite kaavasta 1.

$$U = R \cdot I \quad \text{KAAVA 1}$$

U = kynnysjännite (V)

R = resistanssi (Ω)

I = nimellisvirta (A)

$$R = \frac{4 \cdot 2,5V}{0,2A} = 50\Omega$$

$$U = 50\Omega \cdot 0,2A = 10V$$

Jos valot kytkettäisiin sarjaan, eli plusnapa yhdistettäisiin miinusnapaan, nousisi kaikkien valojen syttymiseen tarvittava jännite 10 volttiin yhdistyneiden resistanssien vaikutuksesta. Niinpä LED:it

kytkettiin rinnan eli plusnapa plusnapaan ja miinusnapa miinusnapaan. Tällöin tarvittava jännite saadaan kaavasta 2.

$$U = R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 = \dots = R_n \cdot I_n \quad \text{KAAVA 2}$$

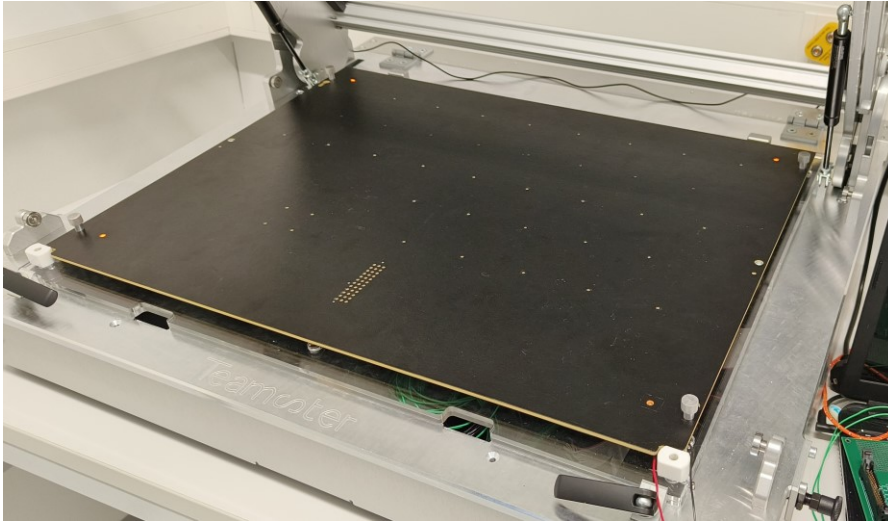
U = kynnysjännite (V)

R = resistanssi (Ω)

I = nimellisvirta (A)

$$U = \frac{2,5V}{0,2A} \cdot 0,2A = 2,5V$$

Rinnan kytkettäessä jännite pysyy samana koko virtapiirissä, jolloin kaikki valot saadaan syttymään. LED:it palavat kuitenkin hieman liian kirkkaasti 3 voltin jännitettä käytettäessä, joten patterikotelon plusjohtimeen juotettiin kaksi 680 ohmin vastusta, joilla valoa saatiin himmennettyä sopivasti. Valojen liittämisen jälkeen jousilevy liitettiin osaksi testeriä (kuva 17.)



KUVA 17. Valmiiksi koottu testipenkki

6 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää testaustoimintaa arvoa luovana prosessina Screentec Oy:lle ja sen asiakkaille. Työssä keskityttiin kolmeen testaamiseen liittyvään kohtaan eri tuotteiden kautta sekä suunniteltiin ja valmistettiin neulapetitesteri yhdelle valituista tuotteista, jotta voidaan varmistaa painetun osakomponentin toimivuus painoprosessin jälkeen ja ennen loppukokoonpanoprosessia ja näin osaltaan vähentää tuotteen visuaaliseen tarkistamiseen käytettävää aikaa.

Työn vaatavuustaso oli sopiva opinnäytetyöksi. Työ toi suuresti oppia sähköisen testaamisen sekä mittaamisen eri osa-alueista, sillä minulla ei henkilökohtaisesti ollut kovinkaan paljoa kokemusta kyseisistä aiheista. Työn aikana jouduin myös opettelemaan QCAD-ohjelmiston käytön alusta saakka, sillä sitä ei opintojen aikana ole käytetty. Testaamista oppi ajattelemaan kokonaisuutena, joka vaatii tarkkaa ja jatkuvaa suunnittelua, kehittämistä sekä koordinointia mm. asiakkaiden kanssa, eikä vain niin sanottuna pakollisena pahana tuotantoprosessin loppuvaiheessa.

Testaamista ja erilaisia mittauksia tulee ottaa laajemmin käyttöön Screentecin tehtaalla, jotta epävarmat ja aikaa vievät visuaaliset tarkistusprosessit saadaan vietyä minimiin. Jo olemassa olevia prosesseja tulee myös kehittää, jotta ne olisivat nopeita ja etenkin luotettavia. Kun nämä prosessit ja niihin käytettävät välineet kehittyvät, nousee työtä suorittavan henkilöstön tehokkuus sekä työtyytyväisyys. Näin Screentec voi tuotteiden valmistajana olla varma, että sen valmistamat tuotteet ovat laadukkaita ja toimivia.

Valmistettu testerit vaatii vielä toimiakseen tuotekohtaisesti tehdyn testaustiedoston, johon on syötetty kaikki halutut arvot resistanssille. Tulevaisuudessa tulee vielä pohtia, halutaanko mahdolliset muut neulapedit tilata testipenkin valmistajalta vai tehdä itse. Jos neulapedit päätetään valmistaa itse, voidaan ne todennäköisesti saada käyttöön pienemmillä kustannuksilla.

7 LÄHTEET

1. Screenshot Oy 2023. Tuotantoratkaisujen kehittäjä ja vahvojen näyttöjen tekijä. Hakupäivä 13.12.2023. <https://screenshot.com/fi/meista/>.
2. CQI 2024. What is quality? Hakupäivä 28.8.2024. <https://www.quality.org/what-quality>
3. TechTarget 2024. What is quality assurance (QA)? Hakupäivä 28.8.2024. <https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/quality-assurance>.
4. Excellence Finland 2023. Laadunvarmistus. Hakupäivä 28.8.2024. <https://www.excellencefinland.fi/laadunvarmistus/>.
5. Hietala, Aku 2020. Elektroniikkatuotteiden tuotantotestauksen kehittäminen. Oulun ammattikorkeakoulu. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 17.1.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/334793/Hietala_Aku.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
6. Ahola, Miikka 2007. Elektroniikan tuotantotestaus. Testausjärjestelmän suunnittelu. Lahden ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 17.1.2024. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11951/2008-04-16-25.pdf?sequence=1>.
7. Arter Oy 2024. Leanin arvovirtakuvan visuaalinen mallintaminen. Hakupäivä 31.1.2024. <https://www.arter.fi/lean-arvovirtakuvaus-visuaalinen-mallintaminen/>.
8. Eurofins Scientific 2023. Tuotteen ominaisuuksien todentaminen luo kilpailuetua – hyödynnä tuotetestaus markkinoinnissa. Hakupäivä 18.1.2024. <https://www.eurofins.fi/expert-services/ajankohtaista/uutiset/tuotteen-ominaisuuksien-todentaminen-luo-kilpailuetua-hyodynnä-tuotetestaus-markkinoinnissa/>.
9. Määttä, Harri, Tuhkala, Teija & Tuomaala Tomi, 2019. Practical guide to screen printing in printed electronics. Hakupäivä 28.8.2024. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/227000/ePooki%2048_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
10. Torppa, Jussi 2012. Painettujen johtimien ominaisuuksien määrittäminen. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 26.2.2024. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48490/Painettujen%20johtimien%20ominaisuuksien%20määrittely.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
11. DirtyPCBs 2024. Pogo test pins 1mm P100 series. Hakupäivä 13.5.2024. <https://dirtypcbs.com/store/designer/details/ian/12/dirty-pogo-pins>.