

Uuden testausmenetelmän ke- hittäminen puhelimen kuorelle

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Muovitekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Heikki Virtanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma

VIRTANEN, HEIKKI:

Uuden testausmenetelmän kehittäminen puhelimen kuorelle

Muovitekniikan opinnäytetyö, 23 sivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä kehitettiin uudenlainen testausmenetelmä puhelimen kuoren mekaanisen kestävyuden testausta varten. Testaus suoritettiin aikaisemmin tiputustestillä. Tällä menetelmällä puhelimen kuori rikkoutui usein samasta kulmasta. Vaihtoehtoiseksi testausmenetelmäksi otettiin käyttöön vetokone, jolla pystyttiin toistamaan sama testi samoilla parametreilla ja rasittamaan puhelimen kuorta toistuvasti jäljitellen tiputuksesta tulevaa voimaa. Työn suorittamiseksi kehitettiin jig, jolla saatiin puhelimen kuori vetokoneeseen kiinni.

Vertailutulosten saavuttamiseksi suoritettiin työn aluksi tiputustesti. Jigin valmistuttua määriteltiin parametrit ja suoritettiin vetokoe. Testausten tuloksia vertaillaessa nähtiin, että tulokset eivät juurikaan eronneet toisistaan. Vetokoneella ei pystytty saamaan eroavia tuloksia tiputustestiin nähden eli puhelimen kuori rikkoutui samasta kulmasta myös vetokoneella tehdyssä rasituksessa. Pohdin, mitä vetokoneelta vaadittaisiin eroavien tulosten saavuttamiseksi.

Avainsanat: jig, puhelimenkuori, testaus, vetokone

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in plastics engineering

VIRTANEN HEIKKI:

Development of new testing method
for phone shells

Bachelor's Thesis in plastics engineering, 23 pages

Spring 2018

ABSTRACT

In this thesis, the goal was to find a new way to test the durability of a phone shell. In the past, a tumble tester was used, but as a result, the phone shell often broke in the upper left corner. Therefore, a new idea was to use a tensile machine. With a tensile machine, specific parameters to make the results more accurate could be used. When using the tensile machine, the same shell could be tested repeatedly. A jig was developed to hold the phone shells in the tensile machine.

To achieve results for comparison, a tumble test was performed first. After the jig was ready, testing with the tensile machine could be started. The results obtained from the tests were compared with each other. The study proved that the results were not so different after all.

The study includes discussion on what could be done differently to achieve a different result using the tensile machine.

Key words: jig, phone case, tensile machine, tumble tester

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VALMISTUS- JA AINEENKOETUSMENETELMÄT	2
2.1	Ruiskuvalu	2
2.2	Jäännösjännitykset	3
2.3	Vetokone	3
2.4	Tiputuskaappi	4
3	MEKAANINEN TESTAAMINEN	6
3.1	Tiputustesti	8
3.2	Jig	9
3.3	Vetokoneen käyttäminen tutkimuksessa	15
3.3.1	Vetokoneen parametrien määrittäminen	15
3.3.2	Vetokoneella tehty rasitus	16
4	TUTKIMUKSEN TULOKSET	19
4.1	Vetokoneen ja tiputustestin vertailu	21
4.2	Jatkokehitys	21
5	YHTEENVETO	22
	LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Tiputuskaapissa testatessa kestävyyttä matkapuhelimen kuori rikkoutuu usein samasta kulmasta. Tiputuskaapille halutaan toinen vaihtoehtoinen tapa testaamiseen, jolla pystytään toistamaan rasitus samoilla parametreilla jokaiselle kuorelle. Vetokone valitaan testausmenetelmään mukaan, koska vetokoneella voidaan kopioida sama testi samoilla parametreilla. Vetokoneella rasitetaan puhelimen kuorta toistuvasti, jossa vetokone jäljittelee tiputuksesta tulevaa voimaa. Vetokoneesta saadaan myös enemmän aineistoa tulevan tuotekehityksen käytettäväksi. Työn suorittamista varten tehdään vetokonetta varten jig, jolla saadaan puhelimen kuori koneeseen kiinni. Jigin suunnittelu on myös osa tätä opinnäytetyötä.

Toimeksiantajana toimii protopaja, joka valmistaa malleja ja prototyyppejä asiakkaan tarpeisiin. Protopajassa on myös oma mekaniikkatestausosasto, jolle opinnäytetyö tehdään.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään ruiskuvalu, jäännösjännitykset sekä vetokone. Tutkimusosassa käydään läpi testauksen eri vaiheet, kuten tiputustesti, jig, vetokoneella tehty rasitus. Tuloksissa avataan testauksesta saatuja arvoja.

2 VALMISTUS- JA AINEENKOETUSMENETELMÄT

Opinnäytetyön teoriaosiossa perehdytään testattavien puhelimen kuorten valmistusmenetelmään eli ruiskuvaluun ja kyseisestä valmistusmenetelmästä aiheutuvaan kappaleen käyttökelpoisuutta heikentävään ominaisuuteen, jota kutsutaan jäännösjännitykseksi. Lisäksi tutustutaan kahteen kappaleenkoetusmenetelmissä käytettävään koneeseen, vetokoneeseen ja tiputustestiin, sekä niiden toimintaperiaatteisiin.

2.1 Ruiskuvalu

Ruiskuvalu on valmistusmenetelmä, jossa automaattisilla tietokoneohjatuilla koneilla ja oheislaitteilla tuotetaan erilaisia kestopuovisia kappaleita. Valmistusprosessissa muovi plastisoidaan homogeeniseksi massaksi sulatussylinderissä olevien sähkövastusten lämmön sekä kierukkaruuvien pyörimisestä johtuvan sisäisen kitkan avulla. Sulanut polymeeri ruiskutetaan nopeasti suurella paineella sopivasti jäähdytettävään yleensä teräksestä valmistettuun muottiin. Suljetussa muotissa muovi jähmettyy ja jäähdytysajan jälkeen muotti voidaan avata ja kappale työntää ulos muotista. (Kurri, Malen, Sandell & Virtanen 2008, 74.)

Ruiskuvaluprosessilla ja erityisesti sen hallinnalla on merkittävä vaikutus ruiskuvalukappaleen laatuun; pinnanlaatuun, geometriseen muotoon ja raaka-aineen ominaisuuksiin, mekaaniseen sekä kemialliseen kestävyys-teen. Muotti, johon massa prosessissa valetaan, on hyvin tärkeä ja muotin suunnittelussa ja valmistuksessa tehtyjä virheitä ei voi enää prosessissa korjata. Hyvällä muotilla tehty kappale voidaan kuitenkin väärin tehdyllä prosessilla huonontaa tai pilata. (Järvelä, Syrjälä & Vastela 2000, 47.)

2.2 Jäännösjännitykset

Jäännösjännitykset ovat ruiskuvalukappaleen sisäistä mekaanista jännitystä ilman, että siihen kohdistuu ulkoista voimaa. Ne johtuvat ruiskuvalukappaleen epätasaisista jäähtymiseroista sekä polymeeriketjujen orientoitumisesta. Jäännösjännityksillä on huomattava merkitys kappaleen käyttökelpoisuuteen: mittatarkkuuteen, mekaaniseen lujuuteen ja kemikaalien kestävyteen. Jäännösjännityksen lisääntyessä kutistuma pienenee ja jos jännityksen esiintyminen on kappaleessa epätasaista, se aiheuttaa kappaleen kieroutumista. (Järvelä ym. 2000, 75.)

2.3 Vetokone

Vetokone on laite, jolla määritetään tarkan voima-anturin avulla aineen mekaanisia ominaisuuksia. Mekaaniset ominaisuudet, joita testataan ovat veto-, puristus-, leikkaus- sekä taivutuslujuus. Muoveja testattaessa materiaalista tehdään yleensä ruiskuvalulla vetosauva. Vetolujuutta testataan niin, että vetosauva laitetaan kiinni vetokoneessa oleviin leukoihin, minkä jälkeen vetosauvaa vedetään pitkittäissuunnassa niin kauan, kunnes vetosauva menee poikki. Poikki vedetystä vetosauvasta saadaan graafisesti esitetty voimakäyrä, jonka huippukohta kertoo suurimman voima-arvon. (Virtanen 2017.)

Vetokoneelta saadut arvot ovat hyvin tarkkoja. Mittapääät voivat olla 5 N:sta yli 100 kN:iin. Suuremmat vetokoneet toimivat hydraulisesti, pienemmät

sähköisesti (Virtanen 2017). Opinnäytetyössä käytetty vetokone on merkittävään Lloyd LRX 2k5, joka näkyy kuvassa 1.



KUVA 1 Lloyd LRX 2k5 (Maverick Flexible 2017)

2.4 Tiputuskaappi

Tiputuskaapilla suoritetaan tiputustesti, jonka tarkoitus on testata kappaleen mekaanista kestävyyttä tiputtamalla sitä useita toistoja. Kappale laitetaan tiputustesterin sisään, joka pyörittää kaappia halutun määrän. Kappale tippuu tasaiselle joustamattomalle alustalle useita kertoja. Kaapin pyörimisnopeus täytyy määrätä jokaiselle testattavalle kappaleelle oikein, jotta saavutetaan vapaapudotus. Määrätyn tiputuskerran jälkeen kaappi pysähtyy sekä tiputuskaapissa olleet kappaleet tutkitaan vaurioiden varalta. (Virtanen 2017.)

Kuvassa 2 nähdään samanlainen tiputuskaappi, jota on opinnäytetyössä käytetty.



KUVA 2 Tiputuskaappi (Shinhan Instrument Crop 2017)

3 MEKAANINEN TESTAAMINEN

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää uusi testausmenetelmä testaus- ja protopajan asiakkaalle puhelimen kuorien kestävyyttä varten. Aiemmin käytössä olleen testausmenetelmän ongelmana on testauksen tulosten epäjohdonmukaisuus. Ennen puhelimen kuoret testattiin tiputustestillä, tiputuskaapissa.

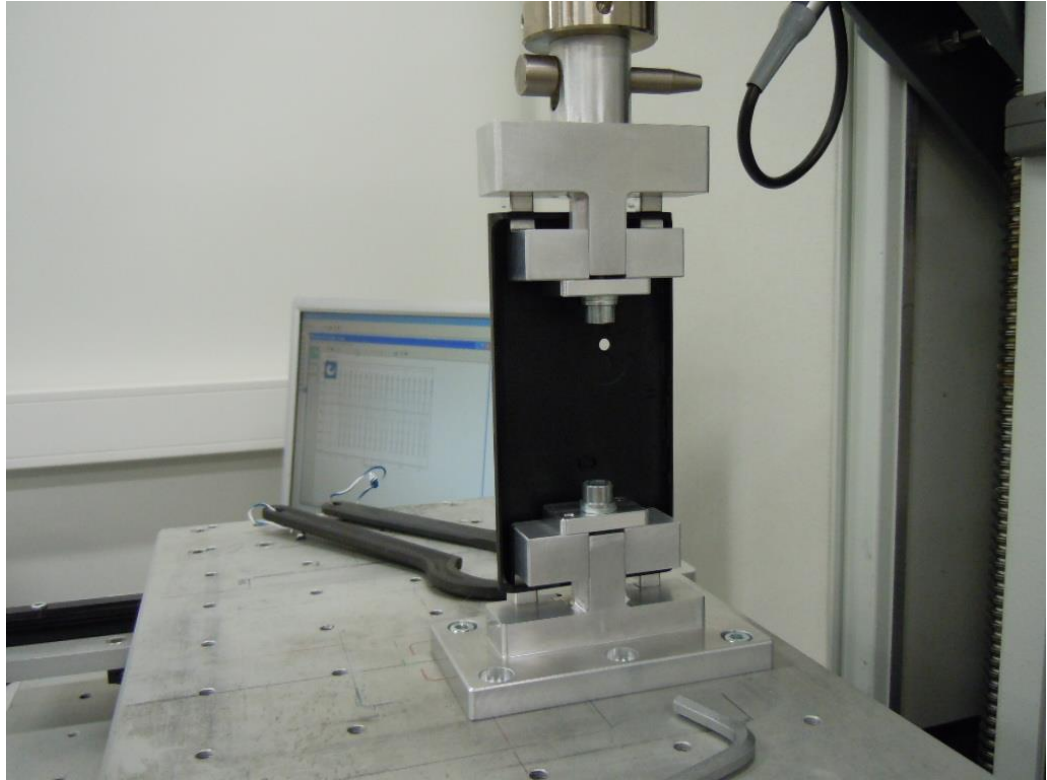
Tätä tutkimusta varten on tehty ensin testaukset tiputustestillä, jonka tuloksia verrataan vetokoneella tehtyjen testien tuloksiin. Näin tehdään, jotta voidaan arvioida uuden kehitetyn testausmenetelmän laatua ja luotettavuutta puhelimen kuorien kestävyuden testaamisessa verrattuna aiempaan käytössä olleeseen testausmenetelmään.

Tarkoituksena on altistaa testikappale tiputuksen kaltaiselle rasitukselle vetokoneella venyttämällä ja puristamalla puhelimen kuorta useita kertoja pituussunnassa. Vetokoneella tehty testaus on mahdollista toistaa kaikille puhelimen kuorille samoilla arvoilla, minkä ansiosta tiputuskaapin epäjohdonmukaisuus saadaan eliminoitua.

Vetokoneella tehtävää tutkimusta varten on suunniteltava apuväline, johon puhelimen kuori saadaan kiinnitettyä testin ajaksi. Näitä apuvälineitä kutsutaan usein nimityksellä ”jig”. Sana jig tulee englannin kielestä ja tarkoittaa vapaasti suomennettuna pidikettä. Jig täytyi suunnitella alusta alkaen, jotta se toimisi tässä tutkimuksessa ja asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Aiemmin vastaavanlaisia jigeja ei oltu protopajassa tehty, vaikka erilaisia jigeja on vuosien mittaan pajassa tehty satoja, jollei tuhansia.

Jigin rakenne suunniteltiin niin, että yhdellä kehikolla pärjätään ja johon voidaan vaihtaa tarvittaessa erilevyisiä leukoja jotka pitävät kuoren paikallaan. Jig muodostuu kahdesta osasta, joista toinen on kiinni vetokoneen pöydässä ja toinen voima-anturissa. Testattava kappale kiinnitetään näihin

osiin aina samoin päin, puhelimen kuoren yläpää kiinnitetään voima-anturissa kiinni olevaan jig-in osaan ja alapää vetokoneen pöydässä kiinni olevaan osaan. Kuvasta 3 nähdään, miten puhelimen kuori on jigissä kiinni.



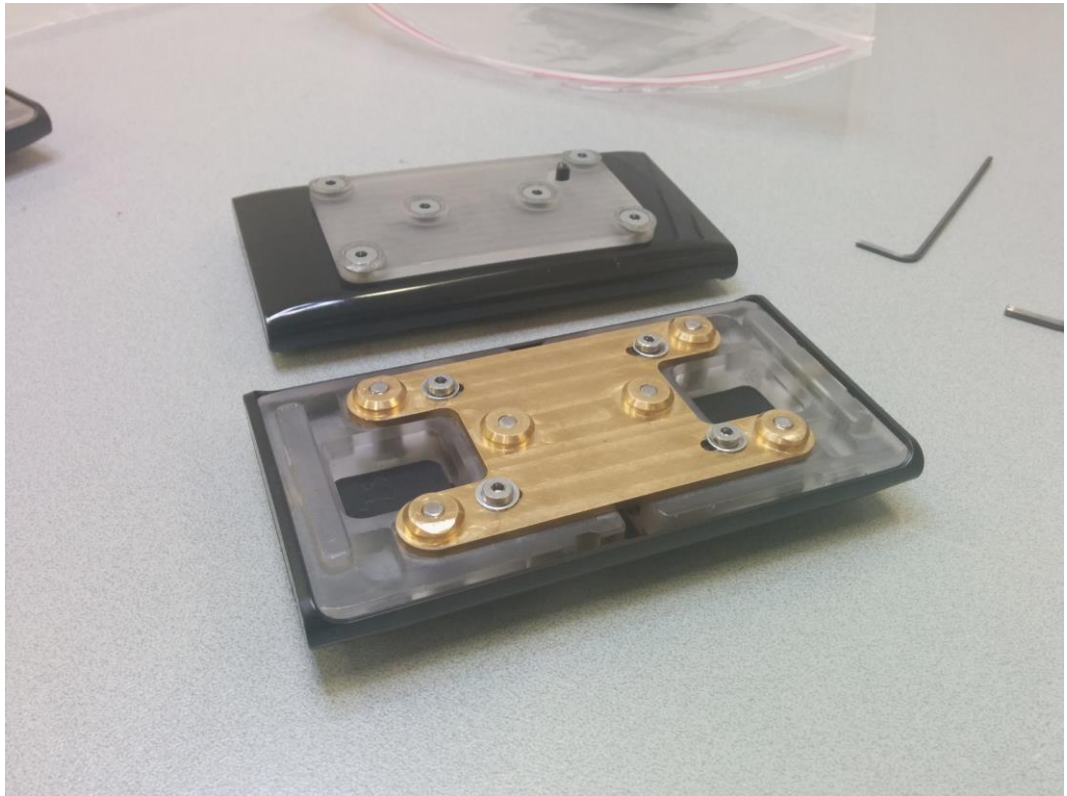
KUVA 3 Kuori kiinnitetty jigiiin.

Alkupalaverissa asiakkaan kanssa määriteltiin testauksen vaatimuksiksi, että vetokoneella vedetään sekä työnnetään puhelimen kuorta 1mm suuntaansa. Tarkoituksena on rasittaa vain kuorta, ei murtaa sitä. Protopajalla olevilla toistokoneilla ei pystytty tuottamaan niin paljon voimaa, jotta se rasittaisi tarpeeksi puhelimen kuorta, minkä vuoksi päädyttiin vetokoneeseen.

3.1 Tiputustesti

Tässä työssä puhelimen kuorta pyöritetään testikaapissa 10 tiputuskertaa, jonka jälkeen kappale tutkitaan halkeamien varalta. Puhelimen kuoren sisälle kiinnitetään paino, jonka tarkoituksena on kuvata lopullisen tuotteen painoa.

Tiputustestillä suoritettu rasitus oli helppo ja nopea aloittaa. Tarvittiin vain oikeat punnukset kuoria varten sekä ruuvata ne paikoilleen. Kuvasta 4 nähdään, miten punnus on asennettu puhelimen kuoreen. Tiputuskaapin oikea pyörimisnopeus piti ensin määrittää, ettei kuori valunut testikaapin kylkeä pitkin pohjalle. Liian nopea vauhti paiskasi kuoren kaapin toiseen kylkeen, joka vääristäisi tuloksia. Tarkoitus oli saada puhelin tippumaan vapaapudotuksella kaapin pystysuuntainen matka. Kaapin pituus oli 1,5 metriä, jolla testaus tehtiin. Automaattinen kaappi asetettiin pysähtymään 10 tiputuksen jälkeen. Jokaisen pysähdyksen jälkeen puhelimen kuoret tarkastettiin halkeamien varalta. Testin suorittaminen oli nopea, koska puhelimet eivät kestäneet monia tiputuksia.



KUVA 4 Tiputuskaappiin menevät puhelimen kuoret painoineen



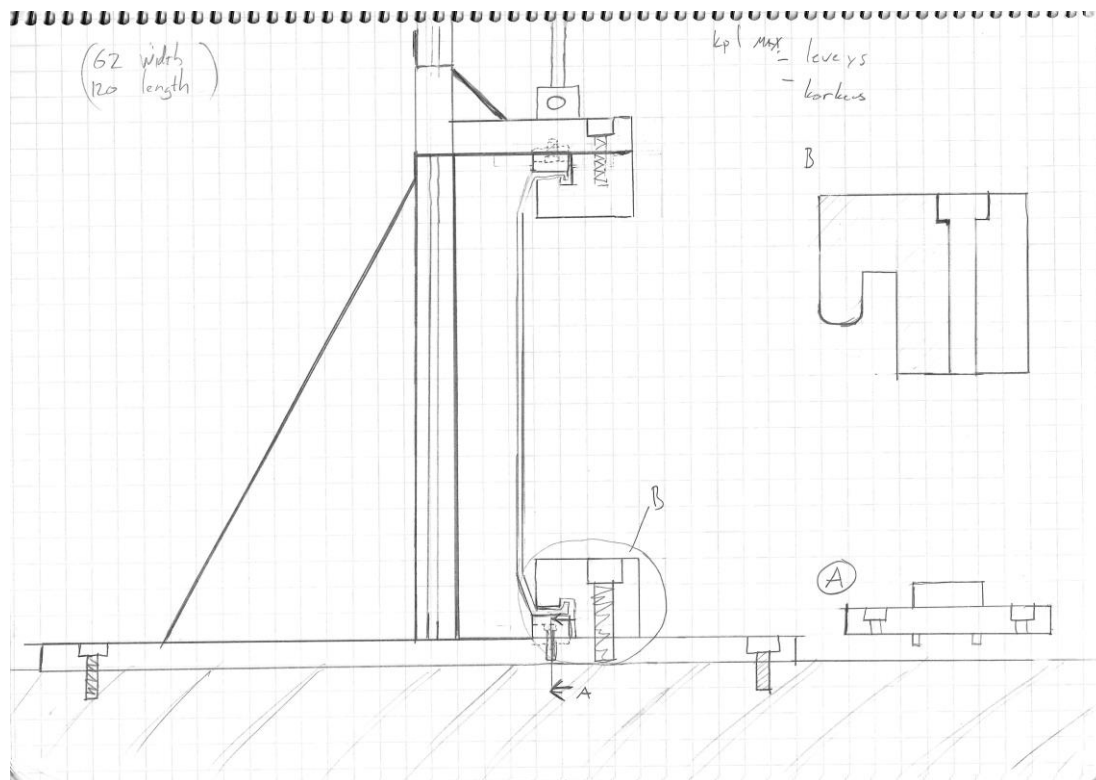
KUVA 5 S1.50 50 pudotuksen jälkeen

Jokainen murtuma dokumentoitiin ottamalla kuvat niistä. Murtumat olivat usein helposti huomattavissa kuten kuvasta 5 nähdään. S1.50 kesti 50 pudotusta ennen kuin sai murtumakohdan. Tässä murtumakohta oli vasen yläkulma. Tiputuskaapissa pyöriminen tuotti suurta hajontaa puhelimen kuorien kestävyyksien välillä, kuoren tiputtua monta kertaa samalle kummalle. Usein kuoren vasen yläkulma murtui ensimmäisenä.

3.2 Jig

Jig on pidin, johon saadaan puhelimen kuori paikalleen aina samalla tavalla. Jig helpottaa toistojen tekoa sekä mahdollistaa puhelimen kuoren kiinnityksen vetokoneeseen. Jigissä olevien leukojen tarkoitus on välittää vetokoneesta tuleva voima puhelimen kuoreen. Tarvitaan myös kahdet erilaiset leuat, kapeaotteiset leuat sekä leveämmät leuat. Tällä tavoin nähdään, millä tavalla jigissä olevien kappaleen kiinnitykseen käytettävien leukojen leveys vaikuttaa puhelimen kuoreen kohdistuvaan rasitukseen.

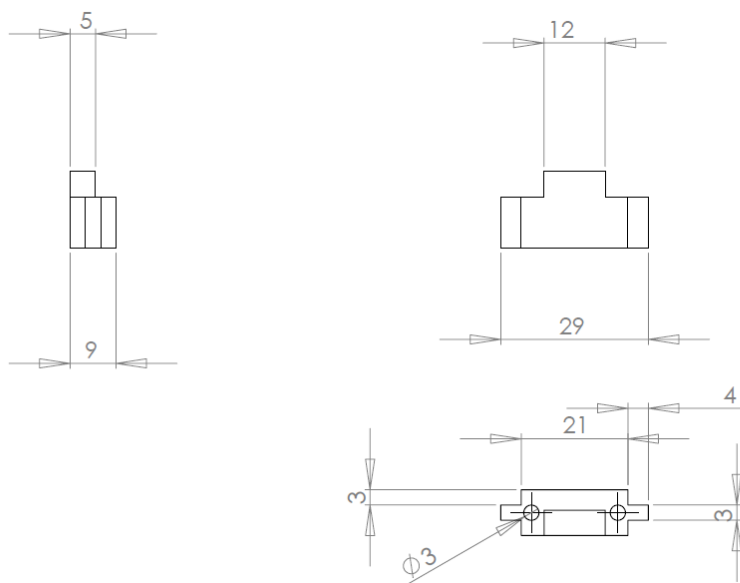
Vastaavia jigejä ei yhtiössä ollut tehty, joten suunnittelu aloitettiin tyhjästä. Suunnittelun tavoitteena oli kehittää mahdollisimman helposti ja nopeasti koneistettava malli. Kuvasta 6 nähdään ensimmäinen luonnos.



KUVA 6 Ensimmäinen luonnos

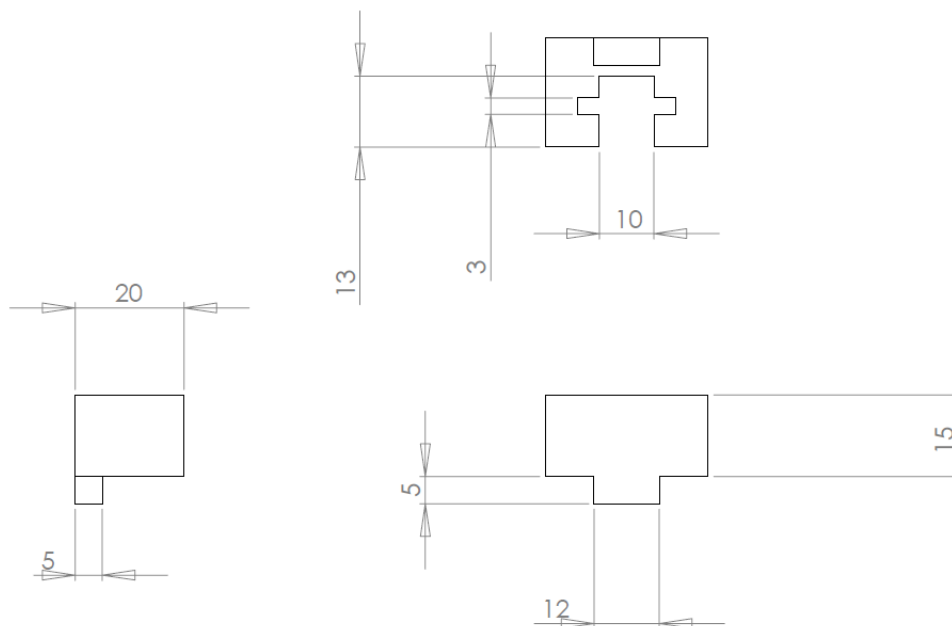
Ensimmäisen luonnoksen ideana oli käyttää lineaarikiskoa hyödyksi, jotta voimat suuntautuisivat kohtisuoraan. Tämä rakenne kuitenkin osoittautui turhan työlääksi tehdä, joten jiggiä oli yksinkertaistettava lisää. Koska tarve oli saada kahdet eri leuat ylä- ja alapäähän oli johdonmukaista tehdä perusrunko, johon voisi tarvittaessa vaihtaa pelkät leuat.

Jig muodostui nopeasti 3D-mallintamalla. Kuvista 7, 8 ja 9 nähdään, miten jiggin toinen pää muodostuu kolmesta kappaleesta. Yhteensä koko jig muodostuu kuudesta osasta.



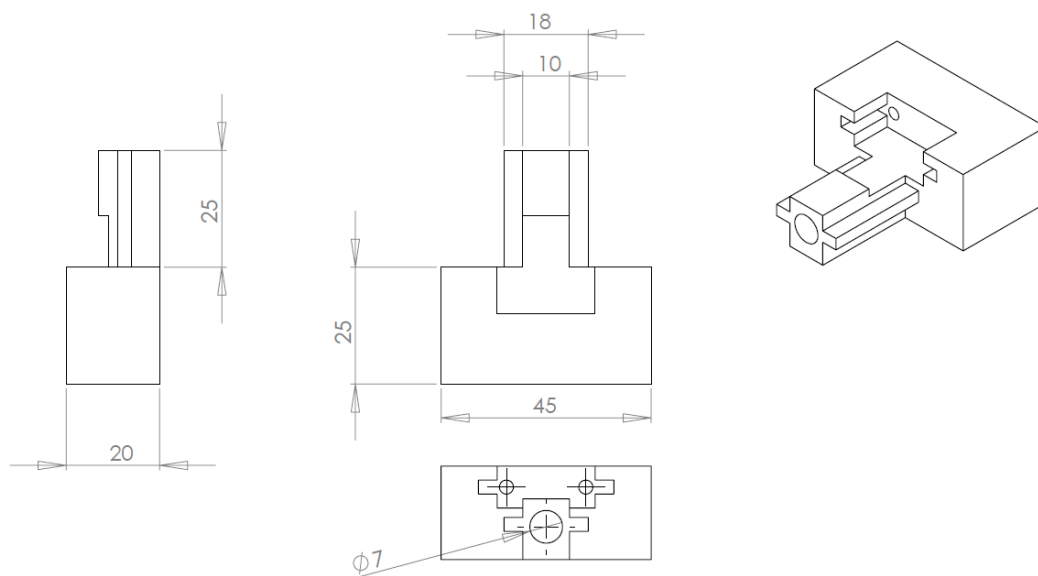
KUVA 7 Alaleuka

Kuvassa 7 on alaleuka. Alaleuan tarkoituksena on tukea puhelimen kuoren ulkopuolelta, ylhäältä sekä alhaalta. Alaleuka tulee kiskossa olevaan hahloon. Leuka välittää puristuksesta tulevan voiman puhelimen kuorelle. Alaleuka lukitaan paikalleen pienellä kuusiokoloruuvilla, joka ruuvataan kiskossa olevan reiän läpi. Myöhemmässä vaiheessa alaleukaa jouduttiin pyöristämään koneistamisen helpottamiseksi.



KUVA 8 Kelkka

Kuvassa 8 kelkka liu'utetaan kiskossa oleviin raiteisiin ja kelkka tukee puhelimen kuorta sen sisäpuolelta ja välittää vetoliikkeestä tulevan voiman. Kelkkaa estetään liikkumasta raiteella lukitsemalla se paikalleen kuusiokoloruuvilla sekä aluslevyillä.



KUVA 9 Kisko

Kuvassa 9 oleva kisko on jigin ydin, johon edellä olevat kappaleet tulevat. Pöydässä olevassa jigissä on vielä levennys, josta kisko kiinnitetään veto-koneen pöytään kiinni kuusiokoloruuveilla. Voima-anturiin kiinnittyvässä kiskossa on kiinnike voima-anturille.

Koneistus onnistuttiin tekemään protopajan omissa tiloissa. Jig tehtiin yhdessä illassa helppojen muotojen vuoksi. Kuvassa 10 jig on vielä CNC-koneessa kiinni koneistuksen jälkeen.



KUVA 10 Jigin kisko koneistettuna

Koneistuksen jälkeen kappale täytyi vielä viimeistellä käsin. Kaikkiin pintoihin, joihin vaihdettava leuka tuli, täytyi saada jonkinlainen hionta, jotta leukojen vaihtaminen onnistuu sujuvasti. Mitoitukset olivat niin tarkkoja, ettei välyksiä ole juuri lainkaan.

3.3 Vetokoneen käyttäminen tutkimuksessa

Vetokoneella tehty rasitus aloitetaan parametrien määrittämisellä, minkä jälkeen siirrytään itse rasiin.

3.3.1 Vetokoneen parametrien määrittäminen

Jigin valmistuttua aloitettiin rasiin testin tekeminen vetokoneella. Jig tarvittiin kiinnittämään puhelimen kuori vetokoneeseen. Uuden testausmenetelmän kehittäminen on haasteellista, jos alkuparametreja ei ole valmiina. Parametrit yleensä löydetään testauksen sekä epäonnistumisien myötä. Alkupalaverissa puhutut sekä määritetyt arvot huomattiin nopeasti käyttökelvottomiksi. Liikeradaksi määrätty 2-4mm osoittautui liian suureksi, sekä 2000 toiston määrä kulutti turhan paljon aikaa ja puhelimen kuori yleensä rikkoutui jo paljon ennen tätä toistomäärää.

Jigin kapeat leuat huomattiin nopeasti turhiksi, koska puhelimen kuori venyi keskeltä huomattavan suuren matkan. Rasiin ei pystytty kunnolla jatkamaan puhelimen kuoren kulmiin, johon tämä testi oli tarkoitettu. Jouduttiin lähes heti alussa siirtymään leveämpiin leukoihin, jotka rasittavat kuorta enemmän kulumista.

Vetokoneen liikenopeus nostettiin niin nopeaksi kuin koneen järkevä käyttö antoi mahdollisuuden, eli 150mm/min. Kone lämpeni hieman kokopäiväisessä testauksessa, mutta ei osoittanut lainkaan epävarmuutta tai epä johdonmukaisuutta testauksia suorittaessa.

Puhelimen kuorta kiristäessä jigiin huomattiin, miten kriittinen kiristystarkkuus on. Jigin leuat mursivat kuoren helposti, jos kiristettiin liikaa. Testin käynnistyttyä kuori ei kestänyt kauaa ilman puhki kulumista, vaikka leukojen puristus pinnat kuorta vasten oli pyörästetty. Ratkaisuksi mainittuihin ongelmiin keksittiin laittaa pintojen väliin suhteellisen kovaa kumia, josta voima edelleen välittyy hyvin. Pehmeämpi kumi ei enää anna kovan työkalualumiinin hangata suoraan puhelimen kuorta vasten. Kiristystarkkuusongelma ratkaistiin ostamalla tarkka momenttiavain, jolla säädettiin jigin

leuan kireys kolmeen Newtonmetriin. Tämä on yleinen kiristyslujuus komponenttien testausta suorittaessa, käytettävät voimat on tässä lähes samaa luokkaa.

Muutaman testin jälkeen huomattiin, että vetokoneen liike rasitti selvästi enemmän puhelimen kuoren sitä päätä, joka oli liikkuvassa vetoanturissa kiinni. Tämän vuoksi havainnointi keskitettiin pelkästään tähän päähän.

Parametreiksi päädyttiin valitsemaan usean tuhotun puhelimen kuoren jälkeen taulukossa 1 näkyvät arvot.

TAULUKKO 1 Testaukseen määrätyt parametrit

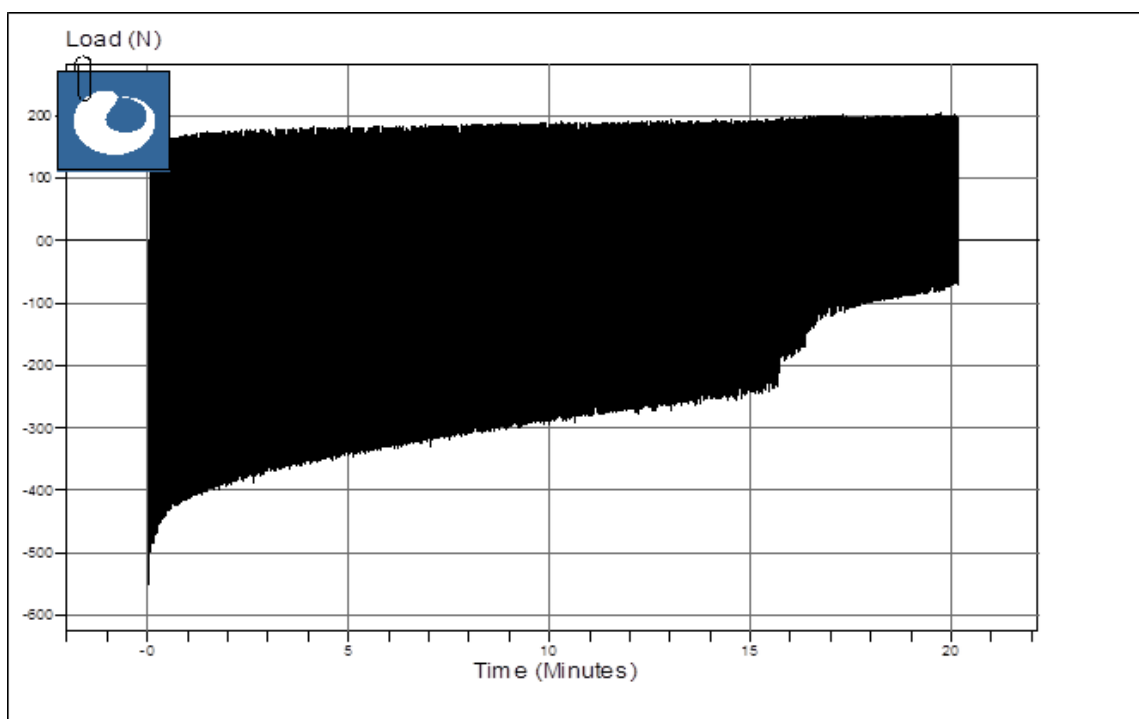
Nopeus	150mm/min
Liikerata	2mm, veto
Kumisuojaus	kyllä, kaikilla pinnoilla
Maksimitestausaika	45 min
Havainnointi	pelkästään liikkuva puoli
Kiristyslujuus	3 Nm

3.3.2 Vetokoneella tehty rasiutus

Parametrien määrittelyn jälkeen alkoi vetokoneella tehty rasiutustesti. Puhelimen asettelu oli tärkeässä roolissa rasiutusta suorittaessa. Kuoren piti joka kerta olla samalla tavalla asetettu jigiiin, jotta mittaukset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Jokainen puhelimen kuori asemoitiin tarkasti työntömitalla jigiiin. Hankalaa oli myös asettaa vetokoneen liikkuva yläosa niin, että se koski puhelimen kuorta vain kevyesti. Muutama puhelimen kuori muserrettiin räjähdysnomaisesti asettaessani niitä testattavaksi.

Testauksen suorittaminen oli hidasta, koska käytössä oli vain yksi vetokone jigineen. Koko kokeen suorituksen ajan täytyi tarkkailla puhelimen

kuorta, jos se murtui jostain kulmasta. Vetokone tulosti voimakäyrän tietokoneelle, josta nähtiin selvästi voiman tippuminen, kun kuori rikkoutui jostain kohtaa. Kuviossa 1 olevasta käyrästä nähdään puhelimen kuoren vastustama voima Newtonina. Kuvion 1 voimakäyrä on kappaleesta S2.5 saatu tulos. Voimakäyrästä nähdään, miten voima on heikentynyt huomattavasti 16 minuutin kohdalla, tästä voidaan päätellä murtumiskohta. Hieman tämän jälkeen on toinen putoama voimakäyrässä. Tästä toisesta alemmasta voidaan päätellä, että puhelimen kuori on murtunut lisää jostain toisestakin kulmasta, tai samasta, mutta enemmän. Tässä tapauksessa murtui ensimmäisessä voiman alenemisessä vasen yläkulma, hieman



myöhemmin oikea yläkulma. Syklimääräksi laskettiin noin 430.

KUVIO 1 S2.5 koekappaleen vetokoneesta saatu tulos



KUVA 21 S2.5 Vasen yläkulma murtumakohta kuvattuna

Kaikki murtamakohdat dokumentoitiin kuvaamalla ne mikroskoopin avulla. Kuvasta 11 nähdään, miten pitkälle murtuma on edennyt, joten on tapahtunut suuri voiman aleneminen.

4 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tiputustestillä oli tarkoitus määritellä kappaleen mekaaninen kestävyys. Testissä pisimpään kestänyt puhelimen kuori rikkoutui vasta 50 pudotuksen jälkeen. Rikkoutumisen keskiarvoksi saatiin 18 pudotusta, testissä oli mukana 10 puhelimen kuorta. Testistä saatiin toivottuja tuloksia. Saadut tulokset vastasivat ennen tätä työtä alkaneita tuloksia. Yhdeksän kymmenestä testatusta kuoresta meni rikki vasemmasta yläkulmasta, kuten aiemmissakin testeissä on huomattu. Taulukosta 2 nähdään tiputustestin tulokset.

TAULUKKO 2 Tiputustestin tulokset

Nimi	Tiputusmäärä	Murtumiskulma
1,50	50	yläkulma, vasen
1,51	10	yläkulma, vasen
1,52	10	yläkulma, vasen
1,53	10	yläkulma, vasen
1,54	30	yläkulma, vasen
1,55	10	yläkulma, vasen
1,56	20	alakuulma, vasen
1,57	10	yläkulma, oikea
1,58	20	yläkulma, vasen
1,59	10	yläkulma, vasen
Keskiarvo	18	

Vetokoneen testissä ei ilmennyt kovinkaan suurta hajontaa. Vain yksi kuori kesti täyden 45 minuutin testin jonka aikana toistoliikettä tehtiin 1215 kertaa. Toiseksi eniten toistoja kestänyt kuori kesti toistoja vain 783 kertaa. Testillä pyrittiin rasittamaan pelkästään puhelimen kuoren yläkulmaa ja murtuma tapahtui kahdeksassa testissä kymmenestä yläkulmista. Taulukossa 3 näkyvästä taulukosta nähdään murtumisajakohta, voima, toistokerrat sekä murtuman sijainti. Taulukossa voimalla tarkoitetaan arvoa, josta voimakäyrä alkaa laskea. Toistokerrat on laskettu niin, että 135 toistossa kestää 5 minuuttia.

TAULUKKO 3 Vetokoneen tulokset

Nimi	Murtumisaika (min)	Voima (N)	Toistokertoja	Murtumiskulma
s1.11	14	285	378	molemmat yläkulmat
s1.12	7	230	189	molemmat alakulmat
s1.13	11	300	297	yläkulma, vasen
s1.14	29	254	783	molemmat yläkulmat
s1.15	18	175	486	yläkulma, vasen
s2.1	17	85	459	molemmat yläkulmat
s2.2	17	295	459	yläkulma, vasen
s2.3	-	-	1215	ei murtunut 45 minuutissa
s2.4	7	340	189	molemmat yläkulmat
s2.5	16	240	432	molemmat yläkulmat
keskiarvo	15,1	244,9	488,7	

4.1 Vetokoneen ja tiputustestin vertailu

Testeiltä odotettiin eroja, mistä kulmista puhelimen kuori alkaa murtua. Testit eivät kuitenkaan tuottaneet toivottuja eroja. Vetokoneella tehdyssä rasituksessa kahdeksan kymmenestä meni rikki yläkulmasta, kun tiputus-testillä suoritettussa rasituksessa yhdeksän kymmenestä meni rikki samasta päästä. Näistä saaduista tuloksista voidaan todeta, että lopputulemat ovat hyvin samankaltaiset.

4.2 Jatkokehitys

Jo vetokoneen parametrien määrittelyssä huomattiin muutamien toistojen jälkeen, miten paljon vetokone rasittaa enemmän puhelimen kuoren sitä päätä, joka oli kiinni vetokoneen voima-anturissa. Voiman tulisi siis jakautua tasaisesti, jotta rasitus olisi kaikkialla kuoressa sama.

Ratkaisuna edellä mainittuun ongelmaan olisi vetokone, jossa on kaksi voima-anturia, jotka pystyvät liikkumaan samanaikaisesti. Näissä pitäisi lisäksi olla jonkinlainen kohdistin, joka mahdollistaa voiman kohtisuoran suuntauksen. Voima-anturi voitaisiin kiinnittää palloniveleen, joka vedon tullessa keskittäisi voiman automaattisesti kohtisuoraan testattavaan kappaleeseen. Tällä tavalla voima rasittaisi tasaisesti puhelimen kuorta. Pallonivelissä olevilla voima-antureilla ei kuitenkaan voitaisi testata puristusvoimaa, ainoastaan vetoa.

5 YHTEENVETO

Työ tarkoitus oli kehittää uusi testausmenetelmä, jolla pystytään määrittelemään puhelimen kuoren mekaanista kestävyyttä. Uutta menetelmää tarvittiin, koska edellinen testaustapa rikkoi kuoret lähes aina samasta kulmasta. Tutkimusta varten tehtiin testaukset ensin tiputustestillä, tästä saatuja tuloksia verrattiin vetokoneella tehtyihin tuloksiin.

Vetokoneella tehdyllä rasituksen tarkoituksena oli altistaa puhelimen kuori samanlaiseen toistuvaan rasitukseen, mitä tiputuskaapistakin tuli. Vetokone haluttiin mukaan, koska koneesta saadaan lisää aineistoa tuotekehitystä varten, sekä testi pystyttiin toistamaan täysin samoilla parametreilla, jotta rasitus olisi sama jokaiselle puhelimen kuorelle.

Vetokonetta varten piti tehdä jig, jotta vetokonetta pystyttiin käyttämään testiä suorittaessa. Jigin rakenne suunniteltiin niin, että pärjättiin yhdellä peruskehikolla, johon pystyttiin vaihtaa tarvittaessa erilaisia leukoja.

Vetokoneella tehdyssä testissä puhelimen kuoret rikkoutuivat kahdeksan kertaa kymmenestä yläkulmasta. Tiputustestillä yhdeksän kymmenestä rikkoutui yläkulmasta. Saatujen tulosten perusteella todetaan, että tulokset eivät eroa toisistaan. Vetokoneella ei pystytä tällä tutkimusmenetelmällä saamaan eroavia tuloksia tiputustestiin ja vetokoneen välille.

Ongelmana vetokoneella suoritettussa testissä oli epätasainen voiman jakaantuminen puhelimen kuoressa. Puhelimen kuori rasittui selvästi enemmän yläpäästä, joka oli kiinni vetokoneen voima-anturissa. Paremman tuloksen saavuttamiseksi vetokoneelta vaaditaan kahta liikkuvaa voima-anturia, jotta voima jakaantuisi puhelimen kuoren molempiin päihin tasaisesti. On mielenkiintoista tietää, saisiko testillä erilaisia tuloksia, jos jig laitettaisiin tämän kaltaiseen vetokoneeseen.

LÄHTEET

Järvelä, P., Syrjälä, K. & Vastela, M. 2000. Ruiskuvalu. Tampere: TTKK-Paino.

Kurri, V., Malén, T., Sandell R. & Virtanen, M. 2008. Muovitekniikan perusteet. Edita Prima Oy.

Maverick Flexible 2017. LRX series [viitattu 10.8.2017]. Saatavissa: <http://www.maverickflexible.co.za/flexible/downloads/LAB/Tensile%20machine.pdf>

Shinhan Instrument Crop. 2017. Tumble Tester II [viitattu 16.8.2017]. Saatavissa: http://www.omegakr.com/heina_tumble

Virtanen, E. 2017. Development director. Cam Company Ltd Oy. Haastattelu 31.7.2017.

