

Jussi Kousa

KÄMMENTIETOKONEEN
KUORIRAKENTEEN PROTOTYYPIN
MEKANIKKASUUNNITTELU

Insinööriyö
Materiaalitekniikka


Marraskuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Opinnäytetyön päivämäärä</p> <p>12.11.2010</p>	
<p>Tekijä(t) Jussi Kousa</p>	<p>Koulutusohjelma ja suuntautuminen Materiaalitekniikka</p>	
<p>Nimeke</p> <p>Kämmentietokoneen kuorirakenteen prototyypin mekaniikkasuunnittelu</p>		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyöni kertoo kämmentietokoneen kuorirakenteen mekaniikkasuunnitteluprosessista. Opinnäytetyön aiheen sain Mikkelin ammattikorkeakoulun tuotekehitysstudio- hankkeen kautta. Työn toimeksiantajana toimi savonlinnalainen Control Express Finland Oy, jonka erikoisala on ruggeroitujen teollisuus- ja sotilastietokoneiden, näyttöjen sekä tietoliikennelaitteiden suunnittelu ja valmistus.</p> <p>Työn tavoitteena oli suunnitella kämmentietokoneen prototyypisarja, jolla työn toimeksiantaja pystyy tarkastelemaan muun muassa laitteen toimivuutta ja käytettävyyttä. Kämmentietokoneelle oli asetettu tiettyjä vaatimuksia, joiden pohjalta suunnittelutyö toteutettiin. Suurimmat haasteet suunnitteluvaiheessa olivat IP- ja EMC- suojausvaatimusten toteuttaminen.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitän prototyyppien hyötyjä ja mahdollisuuksia suunnitteluprosessissa. Suunnittelutyön toteutin käyttäen prototyyppien työkaluina virtuaalimallinnusta ja pikavalmistusta. Virtuaalimallinnus tapahtui Vertex G4 3D- suunnitteluohjelman avulla ja sillä suunniteltu malli valmistettiin 3D- tulostus pikamallinnustekniikalla. 3D- tulostimella valmistetusta hahmomallista saadun informaation perusteella suunnittelutyötä jatkettiin kunnes lopullisen protosarjan osat valmistutettiin alihankkijoilla.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin noin 20 prototyypikappaletta kuorirakenteesta. Kuorirakenteen runko-osia valmistettiin kolmesta eri materiaalista; alumiini, polyuretaani ja metallipinnoitettu polyuretaani.</p>		
<p>Asiasanat (avainsanat) kuorirakenne, kämmentietokone, PDA, prototyyppi, prototyypin, virtuaalimallinnus, pikamallinnus, IP- luokitus, EMC, ruggerointi</p>		
<p>Sivumäärä 32 s + liitteet 48 s</p>	<p>Kieli Suomi</p>	<p>URN</p>
<p>Huomaus (huomautukset liitteistä)</p> <p>Liitteet 8 - 13 ovat luottamuksellisia ja eivät siksi sisälly julkaistavaan versioon</p>		
<p>Ohjaavan opettajan nimi Tapio Lepistö</p>	<p>Opinnäytetyön toimeksiantaja Control Express Finland Oy</p>	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 12.11.2010	
Author(s) Jussi Koussa		Degree programme and option Material Technology	
Name of the bachelor's thesis Designing a Housing Prototype for a Personal Digital Assistant Device			
Abstract <p>The subject of this thesis is the design process of housing for a personal digital assistant device (PDA). The subject arranged through the Product Development Enterprise of Mikkeli University of Applied Sciences. Assignment was received from Control Express Finland Oy (CEF) company. CEF is Finland's largest designer and producer of ruggedized industrial and military computers, displays and telecommunication equipment.</p> <p>The aim of the design process was to produce a batch of PDA prototypes. From PDA prototype CEF could revise such information as functionality and usability. The Design process of PDA device was based on certain demands predefined by CEF. Main demands were international protection rating (IP) and electromagnetic compatibility (EMC).</p> <p>In this thesis, I explore possibilities and benefits of product prototyping in the design process. Main tools used in a prototyping process were three-dimensional (3D) modelling program and rapid prototyping. As a 3D- modelling program were used Vertex G4 and as a rapid prototyping device a 3D- printer. The first step was to design housing with 3D program and the second step was to make rapid prototype with 3D- printer. Rapid prototype helped to conceptualize the structure of a PDA device. It also denounced all errors in the structure. Final step was to find a manufacturer to construct the designed parts.</p> <p>Final result was about 20 housing prototypes for PDA device. Housings were made of three different materials; aluminium, polyurethane and metal coated polyurethane.</p>			
Subject headings, (keywords) housing, personal digital assistant, PDA, prototyping, prototype, 3D- modelling, rapid prototyping IP- code, EMC, ruggedizing			
Pages 32 p + enclosures 48 p		Language Finnish	
URN			
Remarks, notes on appendices Enclosures 8 -13 are confidential and not included in published version of this thesis			
Tutor Tapio Lepistö		Bachelor's thesis assigned by Control Express Finland Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TOIMEKSIANTAJA	2
3	PDA – LAITE	3
3.1	PDA- laitteen vaatimukset.....	4
3.1.1	IP- Suojaus	4
3.1.2	EMC- suojaus	5
4	PROTOTYPOINTI	7
4.1	Virtuaaliprototyyppi	7
4.2	Prototyypin pikavalmistus	8
4.3	Prototypoinnin hyödyt	9
5	PROTOTYYPIN SUUNNITTELU TYÖ	10
5.1	Lähtökohdat	11
5.2	Toteutus	11
5.3	Kuorirakenteen suunnittelu.....	13
5.4	Virtuaalimallinnus	13
5.4.1	Valmiiden osien mallinnus	14
5.4.2	Ylä- ja alakuoren suunnittelu.....	14
5.4.3	Kansien suunnittelu.....	18
5.4.4	Tiivisteet	21
5.4.5	Kuorirakenteen kokoonpanomallinnus	21
5.4.6	Piirilevytilan suunnittelu.....	22
5.5	Kuorirakenteen pikavalmistus 3D-tulostimella	23
6	KUORIRAKENTEEN PROTOSARJAN VALMISTUS	24
6.1	Tarkkuusvalu	25
6.2	Reaktiovalu, RIM	26
6.3	Metallointi	26
7	TULOKSET	27
8	POHDINTA JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET	28
	LÄHTEET	31

LIIITTEET

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään kämmentietokoneen kuorirakenteen mekaniikkasuunnittelun vaiheita ja siinä huomioitavia asioita. Työvaiheet voidaan jakaa kolmeen osaan. Ensimmäinen osa käsittelee taustaselvitystä, toinen osa suunnittelutyön vaiheita ja kolmas työn tuloksia ja jatkokehitysideoita.

Ensimmäinen osio jakautuu kahteen vaiheeseen, kämmentietokoneen suunnittelussa huomioitaviin asioihin sekä prototypoinnin teoriaan. Suunnitteluosuudessa käydään läpi mekaniikkasuunnittelun vaiheita sekä protosarjan toteutus. Viimeisessä osiossa tarkastellaan toteutetun kämmentietokoneen protosarjan testituloksia. Viimeisessä osiossa tarkastellaan myös työn onnistumista sekä annetaan ehdotuksia jatkokehitykselle. Näin ollen tästä opinnäytetyöstä voivat hyötyä työn toimeksiantajan lisäksi esimerkiksi Mikkelin ammattikorkeakoulun Tuotekehitysstudio- hankkeen oppilaat, jotka jatkavat projekteja tämän työn toimeksiantajan kanssa.

Kuorirakenteen suunnittelutyössä sain ohjausta Control Express Finland Oy:n muotoilijalta, mekaniikkasuunnittelijoilta, tuotekehityspäälliköltä, Mikkelin ammattikorkeakoulun opettajilta sekä Mikpolis Oy:n henkilökunnalta.

Tausta

Opinnäytetyöni aiheen sain Mikkelin ammattikorkeakoulun Tuotekehitysstudiohankkeen kautta (liite 1). Opinnäytetyöni toimeksiantaja Control Express Finland Oy oli mukana tässä hankkeessa, jossa heillä oli kaksi tavoitetta. Tavoitteina oli tuottaa päätelaitteesta konseptiehdotuksia sekä toiminnallinen malli.

Konseptiehdotuksissa pyrittiin luonnosten sekä virtuaali- ja hahmomallien avulla tutkimaan päätelaitteen eli kämmentietokoneen asennettavuutta, puettavuutta, käyttökohteita, käyttötilanteita, varastoitavuutta sekä käytettävyyttä. Konseptiehdotuksia toteuttivat Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan ja muotoilun koulutusohjel-

mien opiskelijat tuotekehityksen yhteistyöprojekti 1:n opintojaksolla, joka kuuluu osaksi Tuotekehitysstudio- hanketta.

Prototyypin suunnitteluosuus oli tarkoitus toteuttaa opinnäytetyöprosessina. Alkuperäisessä toimeksiannossa suunniteltava prototyyppi tuli pohjautua konseptiehdotuksiin, jotka toteutettiin Tuotekehitysstudio- hankkeessa ja se oli tarkoitus toteuttaa tapaukseen soveltuvalla pikavalmistustekniikalla. Toiminnallisen mallin toteutuksessa tarkoituksena oli myös kartoittaa valmistusmenetelmiä, materiaaleja sekä kerätä käyttökokemuksia mallia testaamalla.

Tavoite

Opinnäytetyöni lopulliseksi aiheeksi muodostui mekaniikkasuunnittelun toteuttaminen kämmentietokoneen eli PDA- laitteen prototyypin kuorirakenteelle. Suunniteltava tuote perustui toimeksiantajan muotoilijan tekemiin alustaviin suunnitelmiin. Työn alkuperäinen tavoite oli suunnitella ja toteuttaa kaksi kappaletta kämmentietokoneen prototyyppinä, joista työn teettäjä näkisi millainen laite fyysisesti tulee olemaan. Alkuperäinen tavoite kuitenkin muuttui suunnittelutyön puolivälissä. Lopullinen tavoite tuli toimeksiantajan asiakkaan pyynnöstä, joka käsitti noin 20 kappaletta toimivia kämmentietokoneen prototyyppinä.

2 TOIMEKSIANTAJA

Työni toimeksiantajana toimi savonlinnalainen vuonna 1993 perustettu Control Express Finland Oy (CEF). CEF on Suomen suurin ruggeroitujen teollisuus- ja sotilastietokoneiden, -näyttöjen sekä tietoliikennelaitteiden suunnittelija ja valmistaja. CEF:n osaaminen pohjautuu COTS (Commercial Off-The-Shelf)- teknologioiden kustomointiin ja ruggerointiin vaativiin ympäristöolosuhteisiin. CEF:n asiakkaita ovat kansainväliset teollisuus- ja turvallisuusalan yhtiöt sekä puolustusvoimat. Yhteistyö perustuu räätälöityihin ratkaisuihin ja aktiiviseen tuotekehitystoimintaan. (Control Express Finland Oy 2010.)

CEF:n päätoimialueet ovat teollisuus (CEF Industry), turvallisuustuotteet (CEF Defence), kannettavat tietokoneet (CEF Portable) ja tuoteratkaisut (CEF Solutions).

CEF Industry

Control Express Finland Oy:n tuotteita teollisuudelle ovat teollisuusnäytöt sekä ruggeroidut tietokoneet. Laitteita käytetään muun muassa prosessiautomaatioketjuissa, tuotantojärjestelmissä, logistiikkaterminaaleissa, hisseissä, simulaattoreissa, ajoneuvoissa ja kuljetuslaitteissa. (Control Express Finland Oy 2010.)

CEF Defence

Turvallisuustuotteita ovat muun muassa ruggeroidut tietokoneet, näytöt ja tietoliikennelaitteet. Turvallisuuslaitteet on suunniteltu täyttämään tiukimmat MIL- standardit ja niitä käytetään muun muassa ajoneuvoissa, asejärjestelmissä ja taistelujoukkojen taktisessa kommunikoinnissa. (Control Express Finland Oy 2010.)

CEF Portable

CEF:n kannettavat tietokoneet ovat roiskeveden-, iskun- ja värinänkestäviä. Niitä käytetäänkin vaativissa ympäristöissä kuten esimerkiksi logistiikka ja kuljetusalalla, poliisi- ja hälytyskäytössä, tehdaslaitoksissa, kenttäolosuhteissa, armeijassa, julkishallinnossa ja rakennustyömailla. (Control Express Finland Oy 2010.)

CEF Solutions

Yritys räätälöi tuotteet asiakkaiden tarpeiden mukaan ja tarjoaa ratkaisuja tuotteen koko elinkaaren ajalle. (Control Express Finland Oy 2010.)

3 PDA – LAITE

PDA- laite tunnetaan paremmin nimellä kämmentietokone tai käsimikro. Factum uusi tietosanakirja (2004) määrittelee käsimikron pieneksi, muistikirjan kokoiseksi mikro-

tietokoneeksi, jota ohjataan näppäimistön sijasta kirjoittamalla sähköisellä kynällä ohjeet pienelle näytölle.

PDA- laite eli kämmentietokone on pienikokoinen, kannettava tietokone. Lyhennys PDA tulee englanninkielen sanoista Personal Digital Assistant eli henkilökohtainen digitaalinen avustaja. Kämmentietokoneiden tehot eivät vastaa sylimikroja tai pöytä-tietokoneita, koska virrankäyttöä on pyritty minimoimaan. Kämmentietokoneita käytetään esimerkiksi kalentereina, muistikirjoina, musiikkisoittimina ja ääninauhureina. Langattoman verkon avulla kämmentietokoneilla voidaan käyttää myös internetiä. Kämmentietokonetta käytetään joko näppäimistön, ohjainsauvan, kosketusnäytön tai näiden yhdistelmien avulla. Ensimmäiset kämmentietokoneet tulivat markkinoille 1980- luvulla. Näissä malleissa oli aakkosnäppäimistö ja pieni näyttö. Tekniikka oli lähes samaa sen ajan ohjelmoitavien taskulaskimien kanssa. Nykyaikaisiin PDA- laitteisiin voidaan luokitella esimerkiksi älypuhelimet, GPS- navigaattorit ja erilaiset tablet PC:t. (Wikipedia 2010a.)

3.1 PDA- laitteen vaatimukset

Kämmentietokoneesta oli tarkoitus suunnitella niin sanottu ruggedoitu tuote eli laitteen tulisi kestää vaativat olosuhteet. Työn toimeksiantaja teetätti suunniteltavalle laitteelle Mikpolis Oy:ssä erillisen materiaalinvalinnan ja valmistusmenetelmäkartoituksen. Kyseisessä dokumentissa muodostettu vaatimusprofiili perustuu työn toimeksiantajan antamiin vaatimuksiin sekä MIL- standardeihin. Toimeksiantajan vaatimuksia olivat käyttölämpötila alue 0-55 °C ja IP 55- luokitus. Myös edullinen kokonaiskustannus sekä valmistettavuus oli huomioitu materiaalinvalintaprosessissa. (Nylén 2010a, 2.)

3.1.1 IP- Suojaus

IP- suojaus (International Protection) on kansainvälinen järjestelmä, jolla määritetään sähkölaitteiden kotelointiluokitus (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2009, 158). Kotelointiluokitus kertoo käyttäjälle olosuhteet, jotka laitteen tulisi kestää. Jännitteisten osien suojauksessa koteloinnin pitäisi olla vähintään luokkaa IP2X tai IPXXB

(Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2009, 79). Luokkakoodi koostuu kahdesta numerotunnuksesta, vapaaehtoisesta lisäkirjaimesta ja vapaaehtoisesta täydentävästä kirjaimesta (liite 2). Luokkakoodissa ensimmäinen numerotunnus kertoo vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäsyn suojauksesta. Toinen numerotunnus kertoo veden sisäänkäsyn suojauksesta. Lisäkirjain kertoo kosketussuojauksesta ja täydentävä kirjain voi kertoa muun muassa, että kyseessä on suurjännitelaitte. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2009, 161.) Suunniteltavalle kämmentietokoneelle vaadittu IP- 55 luokitus kertoo, että laite on suojattu pölyltä ja vesisuihkulta.

3.1.2 EMC- suojaus

EMC on lyhenne englanninkielien sanoista ElectroMagnetic Compatibility, eli sähkömagneettinen yhteensopivuus. ”Sähkömagneettinen yhteensopivuus, EMC, tarkoittaa, että laitteen tai järjestelmän oma toiminta ei häiriinny kohtuuttomasti laitteen käyttöympäristössä esiintyvien sähkömagneettisten hyöty- tai häiriöparametrien takia, ja ettei laite tai järjestelmä itse aiheuta sellaisia sähkömagneettista häiriötä, että minkään tässä ympäristössä olevan toiminta häiriintyisi kohtuuttomasti näiden häiriöiden takia” (Sähkötieto ry 1997, 16).

EMC:llä pyritään torjumaan sähkömagneettisia häiriöitä (ElectroMagnetic Interference eli lyhennettynä EMI), joita kaikki sähkölaitteet pyrkivät aiheuttamaan ympäristöönsä. EMC- suojauksen tarkoitus on saada sähkölaitteet ja sähköjärjestelmät häiriöttömiksi ja yhteensopiviksi keskenään.

Sähkömagneettista häiriötä on ollut olemassa jo pitkään ja se onkin eräällä tapaa vakava ja kasvava ympäristösaaste (Williams 1996, 1). 2000- luvulla valtavat ja kasvavat erilaisten sähkölaitteiden markkinat ovat kasvattaneet tämän saastemuodon määrää merkittävästi. Tutuimpia esimerkkejä sähkömagneettisen häiriön seurauksista ovat varmasti kännykän käyttökielto lentokoneessa sekä äänentoistolaitteen tai television häiriöt matkapuhelimen soidessa.

Sähkötieto ry:n (1997, 35) mukaan Chatterton ja Houlden (1991) jakaa sähkömagneettiset häiriöt kahteen ryhmään:

1. Luonnolliset häiriöt

- Salamointi
- Kosminen säteily

2. Tekniset häiriöt

- Staattisen sähkön purkaukset
- Sähköisten ja elektronisten laitteiden aiheuttamat häiriöt
- Sähköverkossa tapahtuvat muutokset
- Langattoman viestinnän aiheuttamat häiriöt

EMC- suojauksen asiantuntemusta tarvitaan suunniteltaessa sähkölaitteita ja sähköjärjestelmiä. Suunnittelijoiden on otettava huomioon lisääntyneet EMC- vaatimukset ja heidän avuksi ja ohjeistukseen onkin laadittu EMC- direktiivi. ”EU:n jäsenvaltiot ovat velvollisia saattamaan EMC- direktiivin säännökset osaksi omaa lainsäädäntöään” (Sähkötieto ry 1997, 16). Euroopan Unionin alueella, vuodesta 1996, voimassa olleesta EMC- direktiivistä selviää muun muassa standardit kunkin laitteen ympäristövaatimuksiin sekä kuinka paljon häiriötä laite saa aiheuttaa samaiseen ympäristöön, jossa se toimii. (Sähkötieto ry 1997, 15).

”Laitteeseen kiinnitetty CE- merkintä on osoitus siitä, että valmistaja on todennut laitteen täyttävän asianomaisten standardien häiriönpäästö- ja häiriönsietovaatimukset ja tehnyt näiden perusteella vaatimustenmukaisuusvakuutuksen, tai laatinut laitteen EMC- ominaisuuksista teknisen rakennetiedoston ja tehnyt vaatimustenmukaisuusvakuutuksen rakennetiedoston ja siitä hankitun lausunnon perusteella” (Sähkötieto ry 1997, 17).

4 PROTOTYPOINTI

”Prototyyppi tarkoittaa alkuperäistä ja ensimmäistä versiota. Sanaa käytetään yleensä teollisuuden tuotekehitystoiminnan yhteydessä, mutta proto-käsite voidaan liittää niin eliöihin kuin teorioihinkin. Jos prototyypillä tarkoitetaan esinettä, esimerkiksi ensimmäistä painokappaletta, jolla ei ole testattavia toiminnallisuuksia, niin silloin suomen kielen vastine on mallikappale. Teollisuuden tuotekehitystoiminnassa prototyyppi tarkoittaa ensimmäisiä testiversiota. Prototyyppejä voi olla useissa eri vaiheissa tuotekehityksen edetessä” (Wikipedia 2010a).

Tuotesuunnittelussa prototyypin suunnittelu on tärkeää, jotta mahdollisilta jälkikäteen tehtäviltä muutoksilta vältyttäisiin. Muutostyöt vievät yleensä turhan paljon aikaa ja resursseja. Valmiin tuotteen tulisi olla halpa, korkealaatuinen sekä asiakkaiden tai loppukäyttäjien vaatimuksiin ja tarpeisiin mukautuva. Laadukkaan tuotteen takana on yleensä tarkasti toteutettu tuotemäärittely. Tuotemäärittelyssä tuotteeseen on määritetty sen kaikki tärkeät ominaisuudet, joilla tuote saadaan toimivaksi. Tuotemäärittely on osana monessa toiminnassa esimerkiksi asiakkaiden tarpeiden tarkastelussa, ongelman määrittelyssä, konseptisuunnittelussa, kokoonpanosuunnittelussa, valmistussuunnittelussa, prototypoinnissa ja monessa muussa tuotekehityksen vaiheissa. Tuotekehityksessä hyvin useasti toteutetaan useampi prototyyppi ennen kuin lopullinen laadukas tuote on saatu valmiiksi. Tuotteen suunnittelu on haasteellista, koska tuotteen pitäisi olla halpa, laadukas ja saatavilla nopeasti. Prototyyppi on useasti myös hyvin kallista ja aikaa vievää työtä, joten sen toteutus kannattaa suunnitella hyvin. Nykyään on olemassa paljon erilaisia työkaluja prototyypin suunnittelun ja toteuttamisen avuksi. Tuotesuunnittelussa ja kehityksessä kannattaakin hyödyntää tämän hetken parhaimpia teknologioita, kuten esimerkiksi pikamallinnusmenetelmiä ja virtuaalisia prototyyppityökaluja (Frank W. Liu 2008, 21).

4.1 Virtuaaliprototyyppi

”Virtuaaliprototyyppi on kohdetuotteen realistinen ja toiminnallinen esitys” (Kerttula 2006). Virtuaalimalli toteutetaan yleensä digitaalisena tietokonemallina esimerkiksi 3D- suunnitteluohjelmalla. Kerttulan (2006) mukaan sen tavoitteena on matkia suun-

niteltavan tuotteen ominaisuuksia niin tarkasti, että siitä voidaan tehdä johtopäätöksiä tuotteen toimivuudesta.

4.2 Prototyypin pikavalmistus

Virtuaalisesta protomallista, joka on toteutettu esimerkiksi 3D-suunnitteluohjelmalla, voidaan nopeasti valmistaa käsin kosketeltava malli jollakin pikavalmistusmenetelmällä. Nykyään pikavalmistusmenetelmiä on tarjolla useita vaihtoehtoja ja uusia menetelmiä kehitellään jatkuvasti kasvaneen kysynnän vuoksi. Pikavalmistuksen suurin hyöty on se, että 3D-ohjelmalla suunniteltu tuote on mahdollista tarkistaa nopeasti mahdollisten virheiden löytämiseksi. Myös tuotteen toiminnallisuutta voidaan tarkastella tekniikan ja muotoilun osilta. Tämä ennaltaehkäisee lopullisten tuotteiden valmistusmenetelmistä johtuvia ongelmia, jotka saattavat käydä kalliiksi. Valmistusteknisesti pikavalmistusmenetelmien etu on se, että valmistettava geometria voi olla lähes minkäläinen tahansa. Sen mahdollistaa useimmissa menetelmissä kerroksittain valmistettava rakenne, jonka sisäpuolisille muodoille rakentuu tukirakenne (Nylén 2010b).

Pikavalmistus jaotellaan kolmeen osaan:

1. Prototyyppien pikavalmistus (Rapid prototyping)
2. Työkalujen pikavalmistus (Rapid tooling)
3. Tuotantokomponenttien pikavalmistus (Rapid production)

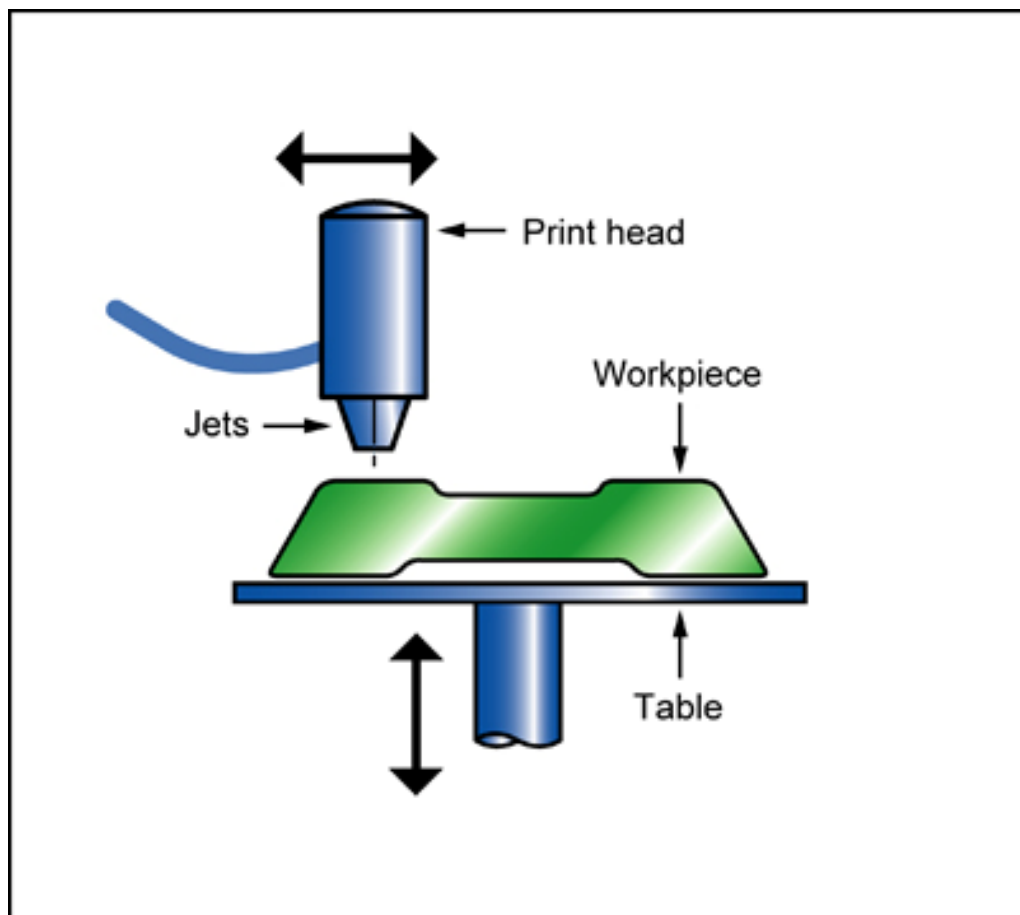
Pikavalmistusmenetelmät voidaan jaotella esimerkiksi kerrostusmenetelmiin (Deposition methods), joita ovat 3D-tulostus, FDM (Fused Deposition Method), 3D-Ceramic Mold Printing ja BPM (Ballistic Particle Manufacturing) sekä laser-menetelmiin (Laser methods), joita ovat LOM (Laminated Object Manufacturing), SLS (Selective Laser Sinterin), SLA (Stereolitography) ja Solid Ground Curing. (Nylén 2010b).

3D- tulostus

Kolmiulotteinen tulostaminen perustuu mustesuihkutulostamiseen. Musteen sijasta 3D- tulostamisessa käytetään termoplastista eli lämmön avulla muovautuvaa muovia

joka kovettuu nopeasti. 3D- tulostuksessa kappale kasvatetaan useista ohuista, päällekkäisistä kerroksista (kuva 1). Laitteen tulostinpäässä on useita suuttimia samassa linjassa, joka nopeuttaa tulostamista sekä määrittää tulostuksen resoluution. (CES).

Uusimmilla HD (High Definition) ja UHD (Ultra High Definition) tulostimilla päästään todella suuriin resoluutioihin. Muun muassa Inition Ltd:n valmistama uuden sukupolven 3D Systems 3-D Printer Projet HD 3000 kerrospaksuus on noin 0.04 mm ja UHD:lla 0,021 mm. (Inition Ltd.)



KUVA 1. 3D- tulostuksen periaatekuva (CES)

4.3 Prototypoinnin hyödyt

Prototypoinnin suurin etu tuotekehityksen alkuvaiheessa on mahdollisten virheiden löytäminen. Esimerkiksi 3D- mallinnusohjelman avulla voidaan tarkastella kokoonpanon toimivuutta. Ohjelman avulla voidaan tarkastaa tapahtuuko kokoonpanossa ”törmyksiä”, jotka estävät kokoonpanon onnistumisen. Näin ollen virheet voidaan korjata hyvissä ajoin ja niistä ei koidu ongelmia tuotteen valmistusvaiheessa.

5 PROTOTYYPIN SUUNNITTELUTYÖ

Tämän opinnäytetyön tuotokset ovat luottamuksellisia ja siitä johtuen suunnittelussa toteutettua aineistoa ei ole mahdollista esittää kokonaisuudessaan. Suurin osa kuvista on siirretty liitteiksi ja vaikka kuva mainitaan tekstin yhteydessä, löytyvät ne ainoastaan toimeksiantajalle toimitetusta versiosta.

Suunnittelutyö alkoi yhteistyössä CEF:n muotoilijan kanssa. Muotoilija oli ideoinut laitetta jo etukäteen ja ideana oli jatkaa tuotteen kehittelyä sen pohjalta (liite 8, luottamuksellinen). Alussa pohdimme muotoilullisia ratkaisuja ja niiden toimivuutta. Pohdimme kuinka muiden vastaavien tuotteiden ratkaisuja voisi soveltaa suunniteltavassa laitteessa ja kuinka CEF:n omia, muissa tuotteissa olevia ratkaisuja voisi soveltaa laitteessa.

Suunnittelutyö alkoi taustatyöllä. Aluksi tutkittiin jo olemassa olevia vastaavia PDA-laitteita. Tuotteista selvitettiin muun muassa niiden ominaisuuksia, yksityiskohtia, yhteneväisyyksiä, rakenteellisia ratkaisuja ja toimintoja. Tämän taustatyön avulla saatiin jonkinlaista suuntaa ja pohjaa myöhemmän vaiheen suunnittelutyölle.

Työn alkuvaiheessa kartoitin pikavalmistusmenetelmiä, joilla suunniteltava hahmomalli voitaisiin toteuttaa. Kartoitus käsitti myös Suomessa olevat pikamallien valmistajat, joita ei vielä nykyään ole kovinkaan paljon. Työssä perehdyttiin myös pikamallien valmistukseen liittyviin suunnitteluohjeisiin, jotta mallin valmistus sujuisi ongelmitta.

Suunnittelutyön perustana oleva, Mikpolis Oy:llä toteutettu, materiaalin- ja valmistusmenetelmän kartoitusdokumenttia ei ajanpuutteen vuoksi voitu hyödyntää odotetulla tavalla.

5.1 Lähtökohdat

CEF:lla on ollut pitkään yhteistyötä ohutlevyvalmistaja Compusteel Oy:n kanssa. CEF:lla aiemmin suunnitellut tuotteet ovat olleet pääasiassa ohutlevytuotteisiin pohjautuvia ja kuorirakenteiden suunnittelukriteerit ovat määräytyneet ohutlevyjen valmistustekniikasta. Ohutlevymetalli on sinänsä looginen kuorimateriaali toimeksiantajan elektronisille laitteille, koska se on edullista, teknisesti toimivaa ja valmistaja löytyy läheltä. Control Express Finland Oy:llä on kuitenkin ollut pitkään tavoitteena löytää vaihtoehtoisia valmistusmenetelmiä sekä päästä eroon ohutlevyn aiheuttamista muotoilurajoituksista. Yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista on saada toimeksiantajalle uutta näkökulmaa tuotesuunnitteluun ja pyrkiä tuomaan vaihtoehtoja ohutlevysuunnittelun tilalle.

Kämmentietokoneen suunnittelutyön lähtökohdat ja vaatimukset tulivat CEF:n tuotekehityspäälliköltä sekä muotoilijalta (liite 3). Heidän toiveensa olivat seuraavat:

- Tuotteesta ei haluta perinteistä ohutlevytuotetta
- Tuotteen pitää olla kestävämpi kuin markkinoilla (julkisilla) jo olevat laitteet
- Materiaali halpaa
- Kulutusta kestävä
- Todennäköisin valmistusmenetelmä olisi valumenetelmä
- Työ sisältäisi valumenetelmien ja koneistuksien kustannusvertailun

5.2 Toteutus

Suunnittelutyö jakautui kahteen osaan:

1. Valmiiden osien mallintaminen
2. Itse suunniteltavat osat

Valmiit osat

Mallinnus käsitti aluksi toimeksiantajan määrittelemät komponentit, joita olivat kaksi piirilevyä, kosketusnäyttö, antenni, kolme näppäintä, merkkivalo, yksi akku sekä kolme liitintä. Komponenttien lukumäärämäärä kuitenkin muuttui projektin edetessä niin, että jäljelle jäivät kaksi piirilevyä, kosketusnäyttö, antenni, kolme liitintä ja kaksi akua. Merkkivalollinen näppäin suunniteltiin itse.

Suunniteltavat osat

Toimeksiantajan määrittämien osien suojaksi oli tarkoitus suunnitella kuorirakenne. Näiden määriteltyjen osien dimensiot ja kiinnityskohdat asettivat osaltaan lähtökohdat kuorirakenteen suunnittelulle. Myös IP- suojausvaatimukset ja EMC- vaatimukset asettivat rakenteelle tiettyjä vaatimuksia. Tavoitteena oli suunnitella laitteen kuorirakenteen runko, näytön kiinnitys, akun kiinnitys, liittimien sijainti sekä mahdollisten näppäinten sijainti. Myöhemmin suunniteltaviksi osiksi muodostuivat lisäksi tiivisteet ja akun virtaliittimet. Tarkoituksena oli myös suunnitella hihnakiinnitys, mutta sen suunnittelemisesta luovuttiin ajanpuutteen vuoksi.

Työn aloitus oli helppoa johtuen CEF:n muotoilijan tekemästä pohjatyöstä. Suurimmat haasteet suunnittelutyön alkuvaiheessa olivat valmistusmenetelmän, materiaalin ja muodon ratkaiseminen. Tämä oli mielestäni haasteellista, koska nämä kaikki ovat riippuvaisia toisistaan. Tässä vaiheessa oli vain päätettävä jokin näistä kolmesta tekijästä, joka ohjaisi suunnittelutyön etenemistä.

Opinnäytetyöni ohjaajien kanssa päädyttiin siihen, että kuorirakenne suunniteltaisiin valmistettavaksi valumenetelmällä. Tähän päädyttiin siksi, että se mahdollistaa kuorirakenteen valmistuksen useilla eri valumenetelmillä ja materiaaleilla sekä tarvittaessa muilla valmistusmenetelmillä esimerkiksi koneistamalla.

Tässä tekstissä myöhemmin mainittavat suunnitellut osat on nimetty samoilla nimillä, joita on käytetty piirustuksissa (liite 9, luottamuksellinen). Nimitykset eivät ole välttämättä johdonmukaisia tai oikeaoppisia, mutta niitä käytetään, jotta liitteet ja teksti pysyisivät yhdenmukaisena kokonaisuutena.

5.3 Kuorirakenteen suunnittelu

Kuorirakenteen suunnittelu perustui CEF:n muotoilijan alustaviin suunnitelmiin. Muotoilijan suunnitelmissa perusideana oli, että kuoren runkorakenne on symmetrinen ja siinä olevat syvennykset toimivat sekä näytön, että akun sijoituspaikkana (liite 8, luottamuksellinen). Lähtökohtana oli miettiä muotoilijan suunnitelmia tarkemmin ja kehittää ne toteutettaviksi ratkaisuksi.

Suunnittelutyö alkoi laitteen toimintojen määrittelyllä. Yhdessä CEF:n tuotekehityspäällikön ja muotoilijan kanssa kävimme läpi toimintoja, joita laitteeseen haluttiin. Tässä vaiheessa määritettiin lopullisesti osat, joita tuotteeseen haluttiin ja työtä voitiin jatkaa virtuaalimallin suunnittelulla.

5.4 Virtuaalimallinnus

Virtuaalimalli toteutettiin Vertex G4 3D- suunnitteluohjelmalla. Kyseinen ohjelma on suunnattu koneiden ja laitteiden suunnitteluun, jonka ansiosta ohjelma sopii PDA-laitteen suunnitteluun erittäin hyvin. Ohjelmalla voidaan toteuttaa yksittäisten osien sekä kokoonpanojen suunnittelua ja sillä voidaan hallita myös dokumentteja, tuoterakenteita sekä tuottaa piirustuksia, osaluetteloita ja raportteja. (Vertex G4, 5.)

Ohjelma perustuu piirremallinnukseen ja parametriseen luonnosteluun. Piirremallinnuksessa jokainen osa koostuu erilaisista muodoista, joita lisäämällä, poistamalla ja muokkaamalla saadaan haluttu lopputulos. Usein ensimmäinen muoto on tavallaan aihio, jota muokkaamalla saadaan lopputulos. Piirremallinnus siis simuloi eräällä tapaa kappaleen valmistusta. Valmistukseen vertaamista tukee myös mallintamisen aikajärjestys, jossa työ tapahtuu karkeammasta muodosta tarkempaan. (Vertex G4, 5.)

Vertex G4- ohjelman käyttäminen on looginen ratkaisu, koska Mikkelin ammattikorkeakoulussa CAD suunnittelua opetetaan kyseisellä ohjelmalla. Itselläni kokemus juuri kyseisestä Vertex:n G4 versiosta oli vähänlainen, joten opiskelin kyseisen ohjelman käyttöä itsenäisesti ennen varsinaisen mallinnustyön aloittamista. Ohjelman

hyvät, helpot ja selkeät esimerkkitehtävät ja ohjeet auttoivat todella paljon. Myös kokemuksen muista 3D- suunnitteluohjelmista edisti oppimistani.

5.4.1 Valmiiden osien mallinnus

Valmiit osat oli mallinnettava, jotta niitä voitiin sovittaa virtuaalisesti suunniteltuun kuorirakenteeseen. Tämä auttaa hahmottamaan valmiiden osien sijoittelua ja siten vähentää suunnitteluvirheiden mahdollisuuksia. Näiden osien mitoitus tapahtui pääasiassa työntömitan avulla.

Suurin ja vaikein mitoitettava osa oli piirilevy. Sen mitoitusta kokeiltiin skannaamalla piirilevy Mikkelin ammattikorkeakoulun laboratoriossa FRT profilometrillä. Menetelmässä olisi ollut myös se etu, että piirilevystä olisi saanut samalla 3D- mallin, mutta skannaus ei onnistunut siinä määrin, että 3D- malli olisi onnistunut. Skannatusta piirilevystä pystyttiin kuitenkin määrittämään tarkat kiinnityspisteiden paikat (kuva 3, liite 10, luottamuksellinen). Piirilevyn mitoitus toteutettiin työntömitalla, koska piirilevyn 3D- skannaus ei onnistunut halutulla tavalla. Yksityiskohdat mitattiin tarkasti ja ne mallinnettiin 3D- virtuaalimalliksi (kuva 4, liite 10, luottamuksellinen).

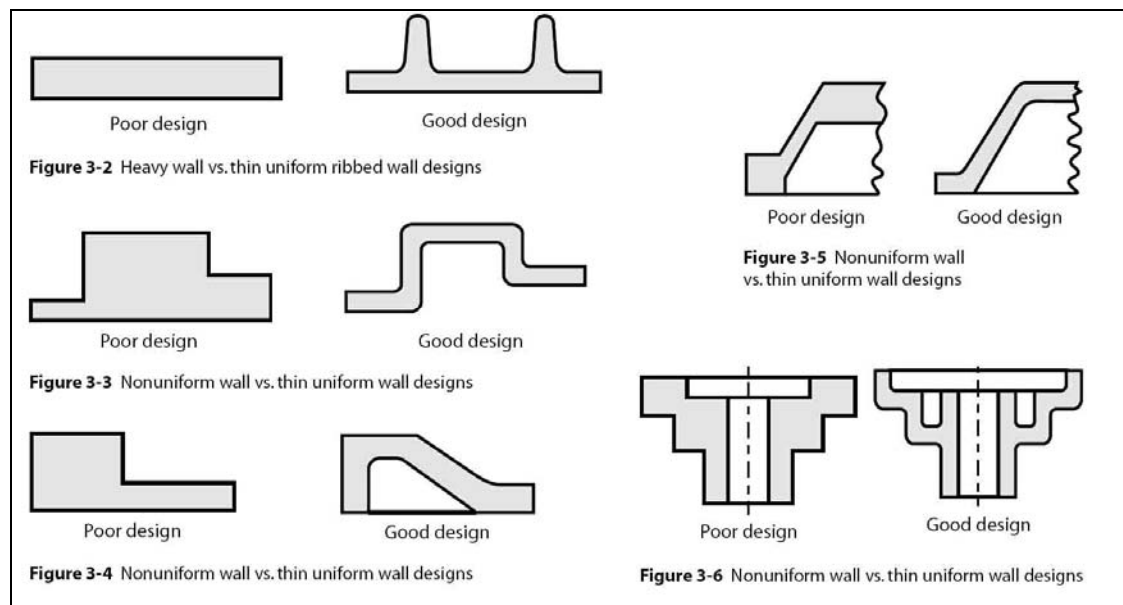
Myös liittimet, näyttö, antenni sekä akku mitoitettiin työntömitalla. Mallinnetut osat tallennettiin suunnitteluohjelman osakirjastoon, josta ne olivat saatavilla tarvittaessa.

5.4.2 Ylä- ja alakuoren suunnittelu

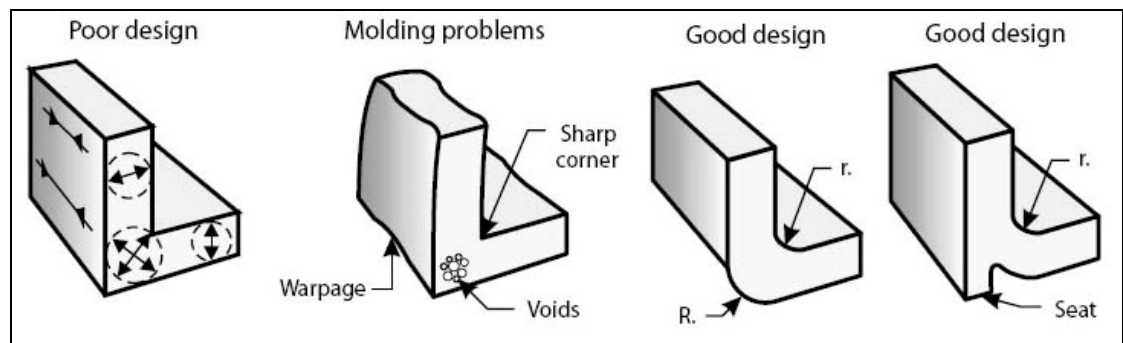
Ylä- ja alakuori muodostavat kuorirakenteen rungon. Rungon muoto perustuu siihen, että ylä- ja alakuori ovat pohjimmiltaan samanlaiset (kuva 5, liite 10, luottamuksellinen). Tällä ratkaisulla voidaan säästää valmistuskustannuksia valumenetelmissä, koska tarvitaan vain yksi muotti, jolla voidaan valmistaa sekä ylä- että alakuori. Kuoreen voidaan koneistamalla toteuttaa ylä- ja alakuoren eriävät yksityiskohdat, kierteet, kiinnitysaukot ja muut asiat, joita ei valuvaiheessa voi toteuttaa. Koneistaminen jouduttaisiin tekemään joka tapauksessa kappaleille ja näin ollen on järkevämpää lisätä koneistuksella tehtäviä töitä kuin valmistuttaa kalliita muotteja.

Rakenne

Rakenteen suunnittelu pohjautuu valumenetelmällä toteutettavan kappaleen suunnitteluun. Sellaisen kappaleen suunnittelun yksi peruslähtökohdista on se, ettei kappaleessa saa olla suuria paksuuden vaihteluita, massakeskittymiä tai teräviä reunoja (kuvat 6 ja 7, liite 4) (Campo 2006, 211).



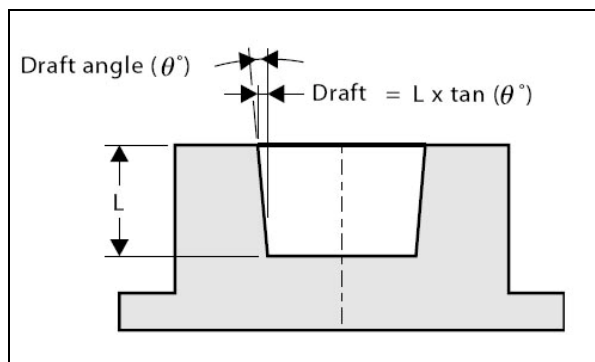
KUVA 6. Hyviä ja huonoja esimerkkejä valettavan kappaleen muodoista (Campo 2006, 211)



KUVA 7. Hyviä ja huonoja esimerkkejä valettavan kappaleen muodoista (Campo 2006, 211)

Toinen huomioitava asia valettavan kappaleen suunnittelussa on päästökulma. Päästökulma on tärkeä kappaleen muotista irtoamisen kannalta. Kulman ollessa liian pieni kappale voi juuttua muottiin. Negatiiviset päästökulmat vaativat erikoismuotteja tai

rikottavia muotteja. Muotissa valettava kappale myös kutistuu. Kutistumisessa kappaleen ulkopinta erkanee pois päin muotin ulkopinnasta kun taas kappaleen sisemmät pinnat puristuvat muotin sisäpintoja vasten. Tämän kutistumisen vuoksi kappaleen sisempien seinämien päästökulma on merkittävämpi kuin ulompien reunojen (kuva 8). Esimerkiksi lujittamattomalle muoville ulkoreunan suositeltuja päästökulman arvoja ovat minimissään $0,25^\circ - 0,5^\circ$ ja sisäpuolen kulmille vastaavat arvot ovat minimissään $0,75^\circ - 1^\circ$ (Campo 2006, 213).



KUVA 8. Päästökulma valettavassa kappaleessa (Campo 2006, 213)

Kuorirakenteen sisäreunan päästökulmaksi päätettiin 1° perustuen lujittamattoman muovin päästökulmasuositukseen (kuva 9, liite 10, luottamuksellinen). Kulma ei saanut olla liian suuri, jotta kuoreen kiinnitettävien liittimien IP- suoja tiivisteet eivät vuotaisi. Samasta syystä kuorirakenteen ulkopinnalle ei määrätty päästökulmaa vaan se sai olla 0° . Tähän sisältyi riski, että päästökulmaton ulkopinta saattaa aiheuttaa ongelmia valmistusvaiheessa. Toisaalta rungon seinämän korkeus ei ole niin suuri, että riski olisi merkittävä.

Rungon rakenne määräytyi siihen liitettävien osien perusteella. Liitettäviä osia olivat piirilevy, kosketusnäyttö, akut, antenni, virtanäppäin ja kolme liittintä. Rungon paksuus määräytyi runko-osien väliin sijoittuvan O-rengas tiivistenauhan paksuuden perusteella. Tiivisteinä käytettiin ohuinta mahdollista O-rengas nauhaa, halkaisija $1,78$ mm. Rungon peruspaksuudeksi määräytyi 3 mm, jotta tiivisteuran reunat eivät jäisi liian kapeiksi (kuva 10, liite 10, luottamuksellinen).

Rungon näkyvällä puolella eli ulkopuolella sijaitsee näytölle tarkoitettu syvennys sekä kansilevyille tarkoitettu syvennys (kuva 11, liite 10, luottamuksellinen). Syvennys kansilevyä varten suunniteltiin, jotta laitteeseen ei muodostuisi ylimääräisiä ulkone-mia ja näin ollen laite pysyy puhtaampana. Ylimääräisten ulkonemien välttäminen rakenteessa edesauttaa myös rakenteen kestävyyttä. Kansilevyn syvennys on siis yhtä syvä kuin on kansilevyn paksuus. Näytölle tarkoitettussa syvennyksessä oleva suora-kaiteen muotoinen aukko on tarkoitettu näytön lattakaapelille. Aukko on melko suuri johtuen siitä, että näyttö olisi helpompi asentaa kokoonpanossa.

Laitteeseen tulevien kolmen liittimen takia ylä- ja alakuoren välinen sauma ei voinut sijaita keskellä laitteen jokaisella sivulla, koska silloin liittimien reiät ja kuorien väli-nen sauma olisivat kohdanneet ja näin ollen heikentäneet laitteen IP- suojausta (kuva 11, liite 10, luottamuksellinen). Tämä ongelma ratkaistiin suunnittelemalla kuoren puoliskon perusrakenteeseen korkeampi pääty, johon liittimille voitiin toteuttaa pelkät reiät. Koska toinen pääty oli nyt korkea, täytyi toiseen pätyyn tehdä vastaavan muo-toinen syvennys, jota vasten kuoren toinen samanlainen puolisko asettuu tiiviisti. Korkeamman päädyn siirtymäkohta sivujen keskikorkeuteen täytyi olla 45° kulmassa, jotta tiiviste asettuu hyvin laitteen kokoonpanossa.

Rungon ylä- ja alaosan kiinnitys toisiinsa suunniteltiin alun perin toteutettavaksi ruu-veilla ja muttereilla, jotka olisi sijoitettu kuuteen kiinnitystorniin. Suunnittelun edetes-sä kuorirakenteen kiinnitys päätettiin toteuttaa niin, että irralliset mutterit korvat-tiin kansilevyyn kiinnitettävillä puristeholkeilla. Tämä mahdollisti samalla myös kan-silevyn ja akkukannen kiinnityksen ja näin ollen vähensi osien määrää. Alkuperäises-sä suunnitelmassa oli kansilevyille omat kiinnitysruuvit.

Rungon EMC-suojauksen suunnittelu

Sähkötieto Ry:n (1997, 157) mukaan paras vakuutus tilaajalle on hankittu pätevä tieto ja kokemus. Kämmentietokoneen EMC- suojauksen suunnittelu perustuikin CEF:n suunnittelijoiden kokemukseen, koska kaikissa heidän tuotteissaan on jonkinlainen EMC- suojaus. Tarkastelimme myös muiden laitteiden suojauksia. Suojaukseen ei sinänsä ole yhtä ja oikeaa tapaa, koska siihen vaikuttaa rakenteen lisäksi materiaali. Toimiva suojaus juuri tiettyyn laitteeseen löytyy iteroivan suunnittelun ja testauksen

kautta. Toki kirjallisuudesta löytyy ohjeistuksia, mutta aina niitä ei ole mahdollista käyttää suoraan, vaan niitä on sovellettava.

Perusajatus toimivassa suojauksessa ja häiriöiden välttämässä on maadoitusten potentiaalitasauksen asianmukainen toteutus (Sähkötieto ry 1997, 9). Kuorirakenteen suunnittelussa tämä tarkoittaa sitä, että rakenteessa olevat liitoskohdat on yhdistettävä niin, että sähkönjohtavuus ei katkea. Yleisin ja CEF:n suunnittelijoiden mukaan paras EMC- suojaustekniikka on eräänlainen hammastus, jossa kontaktipinnat kohtaavat toisensa tasaisin välimatkoin kuoren reunassa (kuva 12, liite 10, luottamuksellinen).

PDA- laitteeseen päätimme soveltaa eräässä CEF:n laitteen kuorirakenteessa käytettävää eräänlaista uros/naaras liitöntekniikkaa, koska sen rakenne oli hyvin lähellä ajatustamme tulevasta PDA- laitteen kuorirakenteesta. EMC- suojauksen suunnittelun haasteellisuutta lisäsi se, että ylä- ja alakuori ovat samanlaiset ja uros- ja naarasosat pitäisivät olla samassa kuoressa. Lisäksi haasteellista oli se, että EMC- suojauksen lisäksi laitteen tulisi olla IP- suojattu. Eli laitteessa olevan ylä- ja alakuoren liitoksen piti olla samaan aikaan sekä vedenpitävä, että sähkönjohtava.

5.4.3 Kansien suunnittelu

Rungon ylä- ja alapuolelle suunniteltiin koko rakenteen kasassa pitävät kansilevyt. Levyt päätettiin toteuttaa ohutlevyistä Compusteel Oy:ssä. Ohutlevyjen materiaaleiksi valittiin sinkkipinnoitettu teräs (EN10130 DC01 +ZE 25/25 APC), joka maalattiin pulverimaalauksella mustaksi. Pulverimaalauksen aiheuttama mittojen kasvu on huomioitu mitoituksessa pienentämällä kansilevyjen äärimittoja suhteessa kuorirakenteen rungossa oleviin kansilevyvennyksiin. Väriksi muotoilija määritteli mustan (RAL 9005/1). Materiaalin- ja pintakäsittelyn valintaan vaikutti CEF: n kokemus ohutlevytuotteista. Protomallin ohutlevyosien materiaaliksi valittiin sinkkipinnoitettu teräs sen edullisuuden, muokattavuuden ja tunnetun kestävyuden perusteella.

Näytön kansi

Näytön puoleiseen kansilevyyn tarvittiin näytön aukon lisäksi aukko antennille sekä virtanäppäimelle. Antennille tuli olla oma aukko, koska kansilevyn materiaalina on teräs ja näin ollen se heikentää liian voimakkaasti antennin tarvitsemaa signaalia. Kansilevyyn tuleva kalvonäppäin ja graafiset merkinnät integroitiin polykarbonaatista valmistettuun tarraan, joka peittää samalla antennin aukon. Kansilevy päätettiin toteuttaa kahdesta erillisestä 1 mm paksusta teräslevystä, jotka liitettäisiin kiinni toisiinsa (kuva 13, liite 10, luottamuksellinen). Kansilevy on siis kokoonpano, joka muodostuu yhdestä alikokoonpanosta ja yhdestä osasta (liite 9, luottamuksellinen). Tämä mahdollisti virtanäppäimen elektroniikan vaatiman syvennyksen toteutuksen pelkästään levyä leikkaamalla.

Kansilevyissä olevat kuusi puristeholkkia korvasivat erilliset ja irralliset mutterit (kuva 13, liite 10, luottamuksellinen). Näin ollen laitteen kokoonpano helpottui, koska puristeholkit asennetaan ohutlevyyn kiinni alihankkijalla. Puristeholkin valinta perustui ohutlevyn paksuuteen ja materiaaliin, kiinnityksessä käytettävään ruuviin kokoon sekä ylä- ja alakuoressa oleviin ruuvitorneihin. Puristeholkiksi valittiin CFBSO 6M3-6 (liite 5). Puristeholkin valintaan vaikutti myös se, kuinka lähelle levyn reunaa se voitiin asentaa. Puristeholkin valmistajan ohjeissa suositellaan asennettavan holkin keskikohdan ja levyn reunan väliseksi etäisyydeksi minimissään 6 mm Tämä olisi pitänyt ottaa huomioon jo suunnittelun aiemmassa vaiheessa, koska nyt käytössä oli vain noin 4.5 mm Päätimme kokeilla käytännössä, onko holkki mahdollista asentaa niin lähelle levyn reunaa ilman ongelmia. Mahdollisia ongelmia olivat puristeholkin aiheuttama reunan ”turpoaminen” ja holkin asennukseen liittyvät koneongelmat alihankkijalla. Onnistuimme kuitenkin kokeessamme ja varmistimme asian toimivuuden myös alihankkijalta ja pystyimme taas jatkamaan suunnittelua. Jos ongelmia olisi ilmennyt, olisi se pahimmillaan tarkoittanut suunnitteluntyön aloittamista alusta. Valmistajan antama mitoitusohje liittyy todennäköisesti lujuusmitoitukseen.

Kansilevyn ylä- ja alaosan liittämiseksi toisiinsa mietittiin kahta vaihtoehtoa, jotka olivat pistehitsaus tai liimaus. Menetelmän valinnassa päädyttiin pistehitsaukseen, koska toteutuksella oli kova kiire ja epäiltiin, että liimaamisen kanssa saattaisi ilmetä ongelmia alihankkijan puolelta. Alihankkijalle lähetettäviin piirustuksiin lisättiin ohjeistus, että pistehitsauksessa ei ohutlevyyn saa muodostua painaumuksia, jotta tuotteen pinnanlaatu ei kärsisi. Piirustuksiin lisättiin myös ohjeistus siitä, ettei ohutlevyn reuna

saa ”turvota” puristeholkin asennuksessa, koska se muuttaisi kappaleen äärimittoja ja vaikeuttaisi kansilevyn asentamista sille varattuun syvennykseen yläkuoressa. Kansilevyn äärimittojen mitoituksessa tuli ottaa huomioon myös kansilevyyn ja runkoon tulevien maalikerrosten paksuus.

Akun kansi

Akun puoleisen kannen suunnittelu pohjautui samoihin asioihin, joita käytettiin näytön puoleisen kansilevyn suunnittelussa. Akkukansi muodostuu samalla tavalla kahdesta toisiinsa liitetystä 1 mm paksusta ohutlevyosasta kuin näytönpuoleinen kansilevy. Erona on se, ettei tällä puolella tarvita puristeholkkeja vaan pelkät reiät, joihin koko kuorirakenteen kiinnittävät ruuvit asennetaan. Erona on myös se, että kuorirakenteen tämän puolen akkujen vaihtoon tarkoitettuun aukkoon tuli suunnitella irrotettava ja tiivis luukku. Tämä oli haasteellinen tehtävä, koska toimeksiantaja toivoi, että luukku olisi helposti ja nopeasti irrotettava. Helposti irrotettava luukku määritettiin niin, että siinä sai enintään olla kaksi kiinnitysruuvia, jotka eivät mielellään saisi olla irtoavia. Haasteellisuutta lisäsi myös se, että luukun piti olla samalla myös tiivis. Ongelmana oli akkujen sijainti syvennyksessä. Akkujen alkuperäinen sijainti oli syvennyksen toisessa reunassa, jolloin sille puolelle jäi vain vähän tilaa. Monien luukun kiinnitysvaihtoehtojen (liite 11, luottamuksellinen) jälkeen ongelma ratkesi kun akkujen paikka muutettiin kesemmälle, jolloin syvennyksen reunoille jäävää tilaa voitiin käyttää hyväksi. Tilaan voitiin nyt suunnitella paikat puristemuttereille (kuva 14, liite 10, luottamuksellinen). Puristemutterit toimivat kuten normaalitkin mutterit, mutta ovat tarkoitettu asennettavaksi kiinteästi ohutlevyosiin.

Akun puoleisessa kansilevyssä oleva aukko muodostettiin samalla tavalla kuin näytön puoleisen kansilevyn aukko näppäimelle. Kahdessa päällekkäin kiinnitettyssä levyssä on erikokoiset aukot, jolloin aukkoon sijoitettavalle akkuluukulle muodostuu oma syvennyks. Syvennyksen reunoihin jätettiin mahdollisimman paljon tilaa, jotta siihen suunniteltavalle tiivisteelle jäisi riittävästi tilaa. Akkuluukun paksuudeksi määritettiin 2 mm, jotta se olisi mahdollisimman luja eikä taipuisi kiinnitettäessä. Taipuminen voisi heikentää tiiveyttä. Toinen vaihtoehto olisi ollut toteuttaa se ohuemmasta levystä ja työstää siihen vahvistusrivat. Akkuluukussa suunniteltiin käytettävän irtoamattomia (Flush Captive Screw) ruuveja (kuva 15, liite 10, luottamuksellinen). Irtoamattomat ruuvit ovat ohutlevyyn asennettavia ruuveja, jotka eivät irtoa käytössä. Ruuviksi valittiin Southcon valmistama captive screw F5-90-402-20 (liite 6).

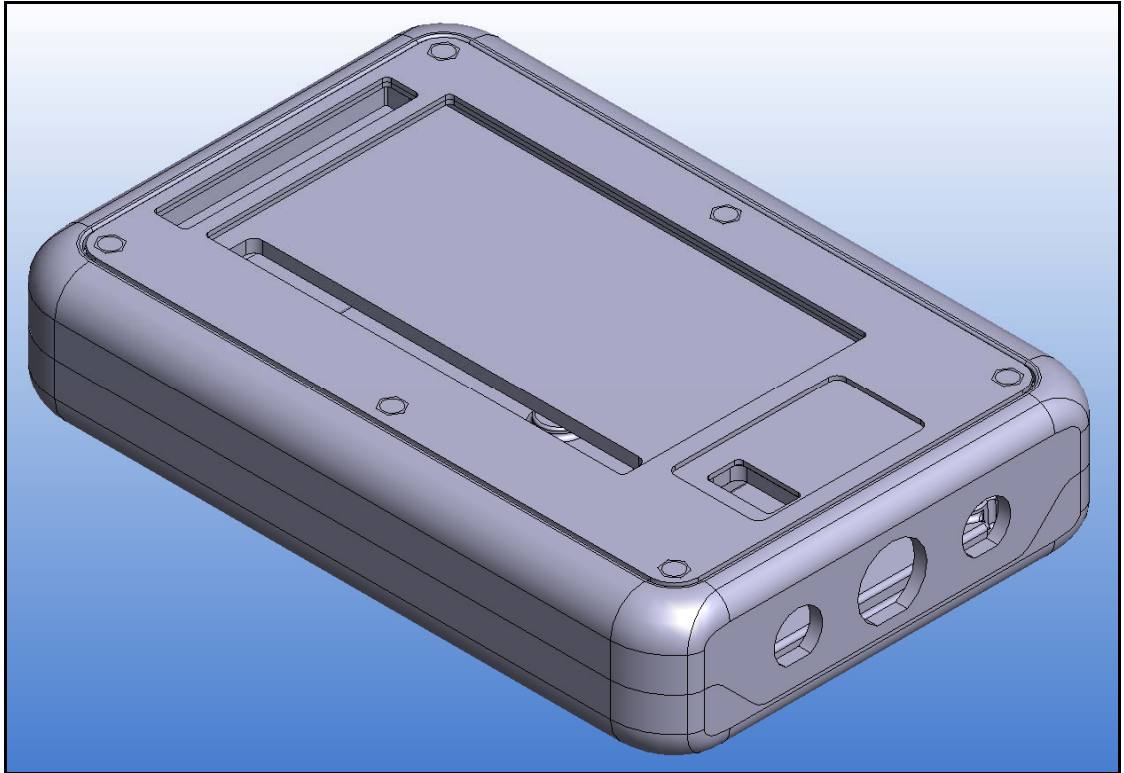
5.4.4 Tiivisteet

IP55- suojausluokituksen toteutumisen kannalta on laitteen tiivistämisellä suuri rooli. Tiivisteitä tarvittiin näytön- ja akunpuoleisten kansilevyjen ja runkorakenteen väliin, akkuluukun ja akunpuoleisen kansilevyn väliin sekä runkorakenteen ylä- ja alakuoren väliin. Näytön- ja akunpuoleisten kansilevyjen ja runkorakenteen väliin tulevat tiivisteet päätettiin toteuttaa 1 mm paksuisesta neopreenitiivisteestä, jonka toisella puolella on tarrapinta (kuva 16, liite 10, luottamuksellinen). Tarrapinnan avulla tiiviste pysyy hyvin paikallaan muun muassa akkuluukussa akun vaihdon aikana ja helpottaa muutenkin laitteen kokoonpanoa. Tiivisteisiin ruuveja varten tulevat reiät suunniteltiin hieman pienemmiksi kuin ruuvien halkaisijat, jotta reikäkin olisi tiivis. Myös akkuluukun ja akunpuoleisen kansilevyn väliin suunniteltiin tiiviste samanlaisesta neopreenimateriaalista (kuva 17, liite 10, luottamuksellinen). Neopreenitiivisteet tilattiin alihankkijalta, joka leikkasi tiivisteet suunniteltujen piirustusten mukaan. Tiivisteet olivat helpot suunnitella, koska ne ovat lähes identtisiä kansilevyjen kanssa ja mallit voitiin kopioida melkein suoraan niistä.

Runkorakenteen ylä- ja alakuoren väliin tulevaksi tiivisteeksi valittiin mahdollisimman ohut pyörönauhatiiviste, joka tunnetaan paremmin nimellä O-rengasnauha (kuva 18, liite 10, luottamuksellinen). Ohuin mahdollinen pyörönauhatiiviste, jolla on myös vaadittavat ominaisuudet, oli nitrili NBR- kumi, jonka halkaisija on 1,78 mm. Nitrili NBR- kumi tiiviste on bensiinin- ja polttoaineen kestävä sekä lämpötilan kesto on -40 °C - +90 °C (liite 7).

5.4.5 Kuorirakenteen kokoonpanomallinnus

Kun kaikki osat oli saatu mallinnettua, varmistettiin vielä kokoonpanon toimivuus. Kaikki osat siirrettiin mallinnusohjelmassa samaan kokoonpanokuvaan (kuva 19, liite 10, luottamuksellinen), jossa osat asetettiin oikeille paikoilleen (kuva 20). Ohjelman törmäystarkastelutoiminnon avulla tarkastettiin, ettei osien välillä sattunut törmäyksiä. Törmäyksillä tarkoitetaan sitä, että osa ei saa osua tai mennä toisen osan ”sisään”. Jos törmäyksiä havaittiin, oli osaa tai osia muutettava sopivimmiksi.



KUVA 20. Kämmentietokoneen kuorirakenteen kokoonpanokuva

5.4.6 Piirilevytilan suunnittelu

Kämmentietokoneeseen jouduttiin suunnittelemaan ylimääräinen piirilevy. Tämä oli hieman haasteellinen toimenpide, koska se ei kuulunut alkuperäiseen suunnitelmaan ja tuli ilmi vasta suunnittelutyön loppupuoliskolla. Haastavaa uuden piirilevyn sijoittamisesta teki tilan puute, koska kuorirakenne oli sisätilan puolesta suunniteltu jo niin ahtaaksi kuin mahdollista. Tilannetta helpotti se, että laitteessa jo olevasta piirilevystä voitiin poistaa kaksi suurinta komponenttia. Tilamallin suunnittelu itsessään oli myös hankalaa, koska oli vaikeaa hahmottaa kuorirakenteen sisään jäävä vapaa tila kuorien ollessa suljettuna. Tämä ongelma ratkesi 3D- ohjelman boolean operaation avulla eli umpinaisesta (solidista) kuutiosta poistettiin ylä- ja alakuoren sekä toisen piirilevyn muotoiset osat. Näin ollen jäljelle jäi juuri kuorirakenteen vapaan sisätilan kokoinen ja muotoinen kappale.

Uuden piirilevyn tilavaatimuksesta toteutettiin 3D- malli ja piirustukset (liite 12, luotamuksellinen), jossa oli tarkat kiinnityspisteet sekä ääriimitat. Näin ollen piirilevy-suunnittelija pystyi sijoittamaan komponentit tilavaatimusten mukaan sopiviin paik-

koihin. Piirilevysuunnittelija toteutti piirilevystä myös pikamallin, missä ei ollut komponentteja. Mallin avulla voitiin tarkistaa sen muotojen oikeellisuus ja kiinnityspisteiden paikat.

5.5 Kuorirakenteen pikavalmistus 3D-tulostimella

Pikamallin valmistuspaikaksi valittiin Mikkelin ammattikorkeakoulun materiaalilaboratorio. Heillä on käytössään InVision XT 3D Printer, joka soveltui pikamallin valmistamiseen erittäin hyvin. Aikataulua tosin viivästytti koulun tulostimen toiminnan epävarmuus, joten lopulliset kuoret toteutettiinkin laitteen maahantuojan toimesta samanlaisella tulostimella.

InVision XT 3D Printer tulostin perustuu moniruiskutulostus tekniikkaan (MJM, Multi-Jet Modelling). Tulostimen rakennemateriaalina toimii akryyli fotopolymeeri. Tulostukseen tehty 3D- malli tuli muuttaa tulostimen hyväksymään STL- formaattiin, jonka jälkeen tiedosto voitiin ladata tulostinta ohjaavan koneen tulostusohjelmaan. Ohjelmassa malli aseteltiin haluttuun tulostusasentoon, jonka jälkeen tulostus voitiin aloittaa. Tulostuksessa alustalle muodostui sekä rakennemateriaalia, että tukimateriaalia. Tukimateriaalin tarkoitus on tukea varsinaista rakennemateriaalia, kunnes se koveutettiin UV-valon avulla. Valmiin kappaleen aikaansaamiseksi aikaa tulostimelta kului noin 10 - 18 tuntia. Tulostuksen pituus riippuu kappaleen korkeudesta. Tulostuksen jälkeen kappale vietiin tulostusalustassa uuniin, jossa tukimateriaali sulatettiin pois. Kun tukimateriaali oli poistunut, otettiin kappale huoneenlämpöön, jossa kappale muuttui kiinteämmäksi.

Kuorirakenteesta toteutetun protomallin avulla rakenteen toiminnallisuutta päästiin testaamaan. Mallin avulla oli mahdollista testata muun muassa asentuvatko kuorielementit hyvin toisiinsa nähden sekä mahtuvatko liitettävät komponentit niille tarkoitettuihin paikkoihin. Mallin kokoonpanon jälkeen havaittiin yksi suurempi ongelma. Kansilevyssä oleva näytön aukko ei sijainnutkaan samassa kohtaa kuin näytön kuva-alue. Näytön kuva-alueen oletettiin sijaitsevan keskellä näytön rakennetta, mutta näin ei ollutkaan. Tätä yksityiskohtaa ei pystynyt huomaamaan mallinnetusta näytöstä, joten suunnitteluvirhe johtui siitä. Jos näyttö olisi haluttu keskittää niin, että kuva-alue

olisi sijainnut täysin laitteen keskilinjalla, olisi koko kuorirakennetta muutettava. Tähän ei ollut aikaa, vaan korjauksessa näyttö-alueen sijainti muutettiin hieman sivuun keskilinjasta (kuva 21, liite 10, luottamuksellinen).

Tulostetusta mallista huomattiin myös, että EMC- suojauksen hammastus oli melko ohut, joten se päätettiin tehdä hieman paksummaksi. Pienten yksityiskohtien muuttamisen jälkeen lopullisen protomallisarjan valmistaminen oli mahdollista.

6 KUORIRAKENTEN PROTOSARJAN VALMISTUS

Suunniteltujen osien valmistajaa etsittiin tekemällä hinta-arviopyyntöjä neljälle eri valmistajalle. Valmistajille toimitettiin myös kuorirakenteen piirustukset ja 3D- malli STL- formaatissa. Valmistajilta tiedusteltiin samalla myös yrityskohtaisia, valmistusmenetelmässä huomioitavia asioita ja vaatimuksia, joita tulisi ottaa huomioon suunnittelutyössä. Valmistajilta saadut hinta-arviot perustuivat näihin liitteisiin.

Parhaaksi vaihtoehdoksi nousi Alphaform RPI Oy. Yrityksen monipuoliset valmistusmenetelmät ja materiaalit soveltuivat hyvin juuri tämänkaltaiseen projektiin, jossa tarkoituksena on valmistaa noin 1-50 kappaleen piensarja tai protosarja. Valmistusmenetelmät, joihin päädyttiin, olivat tarkkuusvalu, reaktiovalu eli RIM ja pinnoitettu RIM.

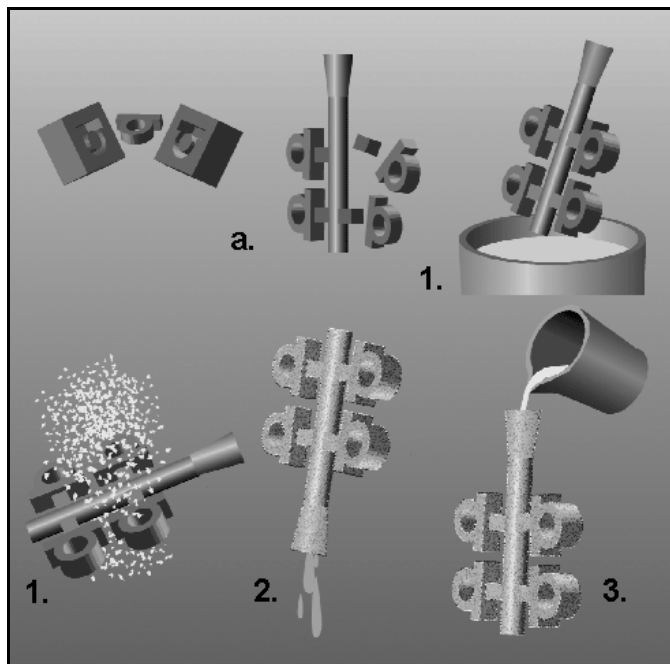
Protomallisarjan materiaalit määräytyivät valmistajan materiaalivaihtoehdoista. Materiaalit määräytyivät tuotteelle tehtävien testien perusteella. Koska kyseessä on protosarja, ei tuotteelle asetettujen vaatimusten tarvinnut toteutua täysin, mutta niistä saata- vat testaustulokset antaisivat suuntaa jatkosuunnittelulle. Laitteelle tullaan tulevaisuudessa tekemään olosuhde- ja EMC- testit.

Kuorielementtejä päätettiin tilata kolmella eri materiaalilla; polyuretaani, metallipinnoitettu polyuretaani ja alumiini. CEF suoritti materiaalienvallinnan kustannusten, käytettävyyden, valmistettavuuden ja kestävyysperusteella.

6.1 Tarkkuusvalu

Tarkkuusvalu sopii sekä pienten prototyyppisarjojen, että suurten sarjojen valmistukseen. Taloudellisesti kannattava sarjamäärä on noin 500 - 1000. Menetelmän hyviä puolia ovat valettavien metallien suuri valikoima sekä menetelmän soveltuvuus automatisoitavaksi. (Meskanen & Höök 2009.)

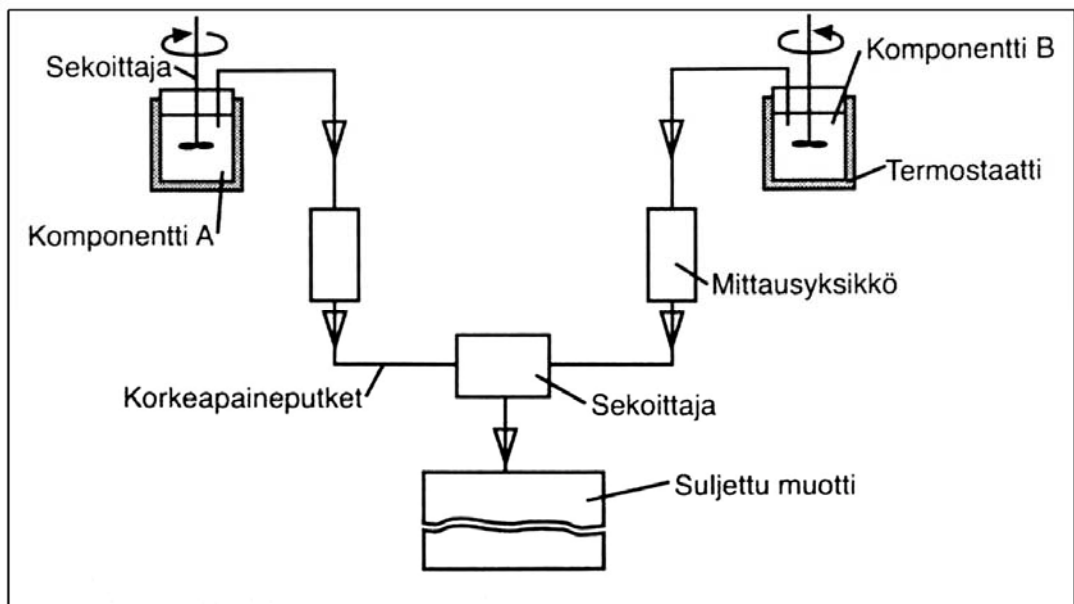
Menetelmässä valmistetaan aluksi yhden kappaleen vahamalli päästöllisellä, mieluiten kahteen osaan jakautuvalla muotilla (kuva 22). Tämän vaiheen voi myös korvata pikavalmistusmenetelmällä toteutetulla mallilla. Seuraavassa vaiheessa liitetään ensimmäisessä vaiheessa tehdyt mallit vahasta tehtyyn valukanavaan. Tätä rakennelmaa kutsutaan vahamallipuuksi. Seuraavaksi vahamallipuun pintaan muodostetaan keraamikuori kastamalla ja täyteainetta sirottamalla. Keraamikuoren kovetuttua vaha sulatetaan pois ja jäljelle jäänyt keraamikuori sintrataan uunissa. (Meskanen & Höök 2009.)



KUVA 22. Tarkkuusvalumuotin valmistaminen vahamenetelmällä (Meskanen & Höök 2009)

6.2 Reaktiovalu, RIM

Reaktiovalu eli RIM- menetelmässä (Reaction Injection Moulding) kaksi pääkomponenttia sekoitetaan keskenään ja ruiskutetaan muottiin. Tavallisesti raaka-aineina käytetään polyolia ja isosyanaattia. Menetelmä on kehitetty polyuretaanisolumuovien valmistukseen. Menetelmässä kumpaakin raaka-ainetta sekoitetaan ja kuumennetaan omilla säiliöissään. Tämän jälkeen aineet johdetaan korkeapaineputkia sekoituslaitteeseen, jossa materiaalit yhdistyvät. Sekoituksessa syntynyt materiaali injektoidaan muottiin (kuva 23). (Saarela ym. 2007, 175.)



KUVA 23. RIM- menetelmän periaate (Saarela ym. 2007, 175)

6.3 Metallointi

Tässä työssä käytetty metallointi on Alphaformin kehitelemä uusi pinnoitusmenetelmä. Tällä menetelmällä voidaan muuttaa minkä tahansa muovisen kappaleen ominaisuuksia paremmiksi. Menetelmällä saadaan homogeeninen pinnoite vaikeisiin rakenteisiin. Ennen pinnoitusta kappaleen lujuusvaatimukset arvioidaan, minkä perusteella pinnoituksen paksuus määritellään. Pinnoitettavassa kappaleessa on otettava huomioon pinnoitteen paksuus muuttamalla kappaletta tulevan pinnoitteen paksuuden

verran pienemmäksi, jolloin kappaleen alkuperäiset mitat säilyvät. Kappaleen koon muuttaminen tulee tehdä ennen kappaleen valmistamista. (Alphaform 2010.)

Metalloinnin hyödyt:

- Erittäin korkea, sovittavissa oleva jäykkyys
- Ei tapahdu pinnoitteen valumista
- Sähkönjohtavuus/ EMC- suoja
- Korkea lämmönkesto
- Vaihtoehto ruiskuvalamiselle
- Metallinhohtoinen pinta korkealuokkaisiin tuotteisiin
- Hyvä korroosionkesto
- Parantaa materiaaliominaisuuksia

Taulukko1. Metalloinnin tekniset ominaisuudet (Alphaform 2010)

ASTM*	Description	Metalcoating			Die-cast Aluminium	Proto Tool 20L (base material)	WaterShed 11 120
		10% metal-volume	20% metal-volume	30% metal-volume			
D638M	Tensile Strength (Mpa)	100	145	200	160-280	78	47-53
	Elongation at break (%)	0.9	1.04	1	2-5	1.3	11-20
	Mod. of Elasticity (Mpa)	21.000	31.000	42.000	70.000	10.100	2.700
D790M	Flexural Strength (Mpa)	300	420	600	-	122	70
	Flexural Modulus (Mpa)	28.000	44.000	54.000	-	9.510	2.150
D648-98c	HDT@0,46 Mpa (°C)	-	-	-	-	269	50
	Density (g/cm ³)	2.33	3.06	3.79	2.7	1.6	1.2

7 TULOKSET

Suunnittelutyöni tuloksena saatiin noin 20 kappaleen protosarja kämmentietokoneen runkorakenteesta (kuva 23, liite 10, luottamuksellinen). Osa runko-osista valmistettiin

polyuretaanista reaktiovalulla ja osa alumiinista tarkkuusvalulla (liite 13, luottamuksellinen). Lisäksi osa kuorista valmistettiin metallipinnoitetusta polyuretaanista (liite 13, luottamuksellinen). CEF oli tyytyväinen valmistajalta saatuun protosarjan laatuun. Kuorirakenteen protosarjan valmistuttua CEF pystyi jatkamaan laitteen kokoonpanoa.

Tuloksena voidaan pitää myös sitä, että CEF sai sopivan valmistajan tulevaisuudessa toteutettaville protomalleille. Todennäköisesti CEF tulee hyödyntämään myös 3D-tulostuksen mahdollisuuksia tulevissa tuotesuunnitteluprosesseissa.

Kuorirakenteelle tehtäviä olosuhde- ja EMC- testejä ei valitettavasti ole vielä ennätetty suorittamaan, joten laitteen toimivuutta niiden näkökulmasta ei pystytä tässä kertomaan.

8 POHDINTA JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Kämmentietokoneen kuorirakenteen suunnittelu onnistui mielestäni hyvin, koska haluttu lopputulos saatiin ajallaan valmiiksi huolimatta melko suuresta työmäärästä. Alkuperäisen toimeksiannon mukainen työ olisi toteutunut jo hyvissä ajoin, jos siinä olisi pysytty. Lopullisen toimeksiannon mukainen työ aiheutti suunnittelutyölle kiireen, koska työmäärä kasvoi paljon. Aikataulua hankaloitti myös työn toteutus kesällä, jolloin tämän työn toteutukseen liittyvät henkilöt olivat lomalla osan kesästä.

Kuorirakenne onnistui teknisesti, koska suunnittelemani rakenne toteutui valmistajien toimesta ilman korjaussuunnittelupyyntöjä. Kokoonpantavuudessakaan ei ole ilmennyt suurempia ongelmia, joten rakenne on onnistunut myös sekä suunnittelun, että valmistuksen osalta. Ainoastaan pulverimaalauksen aiheuttamat äärimittojen kasvut kansilevyjen asennuksessa ovat olleet ongelmana, joten kansilevyjä on jouduttu työstämään hieman. Kyseinen ongelma otettiin huomioon jo suunnitteluvaiheessa ja maalipinnalle jätettiin tila, mutta suunniteltu tila ei kuitenkaan ollut riittävä.

Suunnittelutyö olisi kannattanut toteuttaa eri tavalla, jos aikaa olisi ollut enemmän. Valmistusmenetelmän ollessa tiedossa, olisi ollut suotavaa heti valita valmistaja ja aloittaa yhteistyö heidän kanssaan. Näin ollen olisin saanut tukea ja ohjausta suunnit-

teluun valmistusmenetelmänkin näkökulmasta ja suunnitelmista olisi varmasti tullut optimoidumpi ja pieniltä virheiltilta olisi näin vältytty. Kuorirakennetta suunniteltaessa oli tietynlaista epävarmuutta, koska itselläni ei ollut ennestään paljoa kokemusta valumenetelmistä ja suunnittelutyö pohjautui paljon teoriaan ja oletuksiin. Toimeksiantajalla on kokemusta polyuretaanivalutuotteista sekä kokillivalumentelmästä, joten sain heiltä ohjausta tarvittaessa.

Tämän opinnäytetyön sisältämä suunnittelutyö on ollut valmiin, mahdollisesti markkinoille saatettavan kämmentietokoneen suunnitteluprosessin ensivaihetta ja työ valmiiksi tuotteeksi on vielä suuren työmäärän takana. Jotta laitteen kehittämistä valmiiksi tuotteeksi pystytään jatkamaan, on tässä opinnäytetyössä tehtyä suunnittelutyötä jatkettava iteroivasti eteenpäin. Koska suunnittelutyö tässä opinnäytetyössä jouduttiin toteuttamaan kiireellisesti, kaikkiin yksityiskohtiin ei pystytty panostamaan halutulla tavalla. Seuraavassa annetaan ehdotuksia suunnittelutyön etenemiseen edellyttäen laitteen elektroniikkakomponenttien olevan samoja kuin tässä työssä käytetyt.

Jos kämmentietokoneen kuorirakenteen tuotekehitystä jatketaan, kannattaa tulevaisuudessa vaiheissa huomioida tämän opinnäytetyön suunnittelutyössä tehdyt ratkaisut ja lähteä parantamaan niitä iteroiden. Tuotekehitystyötä tullaan todennäköisesti jatkamaan tarkemman materiaalinvalinnan pohjalta, jolloin kuorirakenteen osien dimensiot ja muodot voidaan optimoida materiaaliikohtaisesti. Esimerkiksi kuorirakenteen rungon paksaus ja lujuus voitaisiin optimoida elementtimenetelmäohjelman (FEM, Finite Element Method) avulla. Näin ollen kuorirakenteesta saataisiin turhat massat pois sekä rakenne voitaisiin suunnitella kestäväksi. Tässä tulee kuitenkin huomioida se, että valettavan kappaleen seinämävahvuus tulisi olla homogeeninen. Myös kuorirakenteen valettavan rungon valmistusmenetelmän toimivuus voitaisiin tarkistuttaa esimerkiksi virtausanalyysillä, jonka avulla rakenne voitaisiin optimoida valmistustekniikalle sopivammaksi.

Suurin rakenteellinen muutostyö, joka tulisi toteuttaa heti seuraavaksi, on näytön sijoittaminen keskelle, koska sen aiheuttamat muutokset voivat vaikuttaa kaikkiin kuorirakenteen osiin.

Kansilevyissä käytetty materiaali (teräs, EN10130 DC01 +ZE 25/25 APC) kannattaa toteuttaa kevyemmästä materiaalista, koska tässä työssä toteutetut kansilevyt painavat

lähes yhtä paljon kuin alumiinista valmistetut runko-osat ja ovat näin ollen turhan painavat.

Tiivistyksen kannalta antennille suunniteltu aukko ei ole paras mahdollinen, koska kansilevyssä sijaitsevan antennin aukon ja kansilevyn välinen alue on melko kapea ja näin ollen saattaa taipua kasaussvaiheessa. Antennin sijainti ja toimivuus kannattaa muutenkin huomioida jatkosuunnittelussa ja toteuttaa se paremmin kuin tässä työssä on toteutettu.

Myös tiivistyksen toteuttaminen tulisi miettiä tarkemmin, koska esimerkiksi tässä työssä käytetyt 1 mm neopreenitiivisteet eivät ole järkevin vaihtoehto. Kansilevyt eivät jaksa puristaa niitä tarpeeksi kasaan, jolloin tiiviste nostattaa kansilevyt liian ylös niille tarkoitetuista syvennyksistä. Tämä voitaisiin toisaalta korjata muuttamalla kansilevyjen paksuutta tai kansilevyjen syvennysten syvyyttä. Tiiveyden kannalta olisi myös parempi, jos kuorirakenteen runko-osien välinen sauma koneistettaisiin. Näin pystyttäisiin välttämään valumenetelmissä aiheutuneiden muodonmuutosten ja valuvirheiden aiheuttamat tiiveysongelmat. Samaiseen väliin tulevalle tiivisteelle tulisi etsiä vaihtoehtoja, koska tässä työssä toteutettu tiiviste on melko paksu ja se on todennäköisesti hankala asentaa laitetta kokoonpantaessa. Ohuemmalla tai erilaisella tiivisteellä kuorirakenteen paksuutta voitaisiin ohentaa. Tiiveyden suunnittelussa on hyvä pitää mielessä se, että mitä vähemmän aukkoja rakenteessa on, sen helpompi se on tiivistää ja sitä kautta tiiveys on luotettavampi.

Rakenteen vaikutus EMC- suojaukseen jäi myös hieman epäselväksi. Tätä voisi tutkia tarkemmin toteuttamalla erilaisia kuorirakenteita ja testaamalla niitä. Tämän aiheen tutkimisen voisi toteuttaa esimerkiksi opinnäytetyönä. Aiheen tutkimisesta voisi olla paljonkin hyötyä toimeksiantajayritykselle.

LÄHTEET

Alphaform 2009. Metalcoating – metal without the machining. PDF- dokumentti. http://www.alphaform100.de/pdf/Metalcoating_2009_E.pdf. Päivitetty 1.2.2009. Luettu 7.9.2010

Campo, E. Alfredo 2006. The Complete Part Design Handbook for Injection Molding of Thermoplastics

Chatterton P. and Houlden M. 1991. Electromagnetic Theory to Practical Design

CES EduPack Version 5.2.0. Materiaalin- ja valmistusmenetelmänvalintaohjelma

Control Express Finland Oy. Internetsivut. <http://www.cef.fi/fi/>. Päivitetty 22.9.2010. Luettu 22.9.2010

Factum Uusi Tietosanakirja 2004. Toimitus WSOY. Weilin+Göös

Frank W. Liu 2008. Rapid prototyping and engineering applications

Inition Ltd. Yrityksen internetsivut. <http://www.thinglab.co.uk/>. Päivitetty 4.10.2010. Luettu 4.10.2010

Kerttula, Mikko 2006. Virtuaalisuunnittelu ja virtuaaliprototyypit käyttäjälähtöisen suunnittelun työvälineinä. PowerPoint- esitys. <http://www.wud2006 oulu.fi/files/Mikko%20Kerttula%20jakeluv%20WUD2006-Oulu.pdf>. Päivitetty 13.11.2006. Luettu 11.8.2010

Meskanen & Höök 2009. ValuAtlas – Suunnittelijan perusopas. PDF- oppimateriaali.

<http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/valukappaleensuunnittelu/index.html>

. Päivitetty 22.3.2010. Luettu 15.9.2010

Nylén, Aapo/ Mikpolis Oy 2010a. Materiaalin ja valmistusprosessin valinta PDA- laitteelle. Control Express Finland Oy

Nylén, Aapo 2010b. Pikavalmistusmenetelmät. PowerPoint- esitys

Saarela, Airasmaa, Kokko, Skrifvars, Komppa 2007. Komposiittirakenteet

Sähkötieto ry 1997. EMC ja rakennusten sähkötekniikka

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2009. D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista

Vertex G4. Piirremallinnuksen perusteet. PDF- dokumentti

Williams, Tim 1996. EMC for product designers

Wikipedia 2010a Vapaa tietosanakirja. Internetsivut.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Prototyyppe>. Päivitetty 16.5. 2010. Luettu

14.8.2010

Wikipedia 2010b. Vapaa tietosanakirja. Internetsivut.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/K%C3%A4mmmentietokone>. Päivitetty 24.7. 2010.

Luettu 22.8.2010

Teollisen muotoilun ja materiaali-tekniikan tuotekehitysstudio

Tausta

Tuotekehitysstudion hankkeen tausta ja tarve

Teollisen muotoilun ja Materiaali-tekniikan vuorovaikutuksen ja yhteistyön kehittäminen ja tutkiminen luo osaamista, tietoa, mahdollisuuksia, innovaatioita ja hyvinvointia.

"Teollinen muotoilu luo ja kehittää konsepteja ja määrittelyjä, jotka optimoivat tuotteiden ja järjestelmien toiminnan, arvon ja ilmiänsuunnan käyttäjien ja valmistajien yhteisen edun mukaan." (Industrial Designers Society of America, IDSA, www.idsa.org, 2002.)

Visio

Syysyllä 2007 aloittaneiden Mikkelin ammattikorkeakoulun Teollisen muotoilun ja Materiaali-tekniikan koulutusohjelmien tiivis vuorovaikutus ja yritys-yhteistyö synnyttävät uutta osaamista, tietoa ja innovaatioita. Koulutusohjelmat ovat materiaali-, yritys-, yhteisö- ja käyttäjälähtöisen muotoilun, tuotekehityksen ja oppimisen edelläkävijöitä. Vuorovaikutus eri toimijoiden välillä on keskeinen toimintamalli (Kuva 1).

TUOTEKEHITYSSTUDIO MAMK monialainen vuorovaikutus



Kuva 1. Tuotekehitysstudio ja monialainen vuorovaikutteinen tuotekehitysprosessi

Missio

Mikkelin ammattikorkeakoulun Teollisen muotoilun ja Materiaali-tekniikan koulutusohjelmat kouluttavat teollisia muotoilijoita ja materiaali-tekniikan insinöörejä (AMK), jotka hallitsevat syvällisesti teollisen muotoilun, materiaali-tekniikan ja tuotekehityksen menetelmät ja prosessit sekä monialaisen yhteistyön.

Tavoite

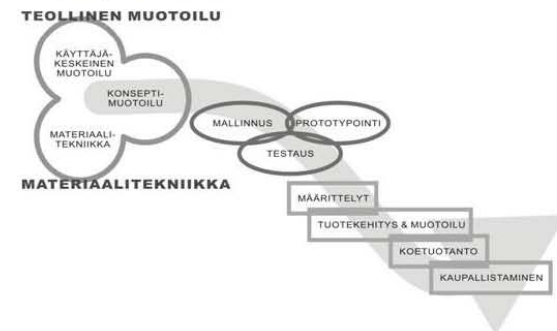
Hankkeen keskeisin toimenpide on luoda tuotekehitysstudio, jossa teollisen muotoilun, materiaali-tekniikan, teknisen tuotekehityksen ja käyttäjäkeskeisen suunnittelun (UCD) prosesseja ja menetelmiä voidaan toteuttaa ja kehittää integroidusti niin, että ne ovat läpinäkyviä niin muotoilun ja materiaali-tekniikan opiskelijoille, yrityksille kuin yritysten asiakkaille (käyttäjille). Läpinäkyvyys, avoimuus, simultaanisuus ja yhdessä tekemisen mahdollisuus ymmärtävät kaikkien osapuolten yhdessä oppimisen ja kehittymisen sekä innovaatioiden syntyä. Tuotekehitysstudion suunnittelu ja kehittäminen palvelee integratiivisten oppimisympäristöjen kehittämistavoitteita laajemminkin. Kehittyjä ratkaisuja voidaan soveltaa eri alojen monialaisten ja integratiivisten oppimisympäristöjen kehittämisessä.

Hanke kehittää ja toteuttaa:

1. yritysten ja yhteisöiden monialaista tuotekehitysoaamista
2. monialaista tuotekehitystä palvelevia modyuloituja menetelmiä ja prosesseja yhteistyössä yritysten kanssa
3. monialaisen tuotekehitysstudion tiloitten, kalusteitten ja laitteiden
4. digitaalisen monialaisen tuotekehityksen menetelmäparkin (arkiston) ja portfolion
5. uusia mahdollisuuksia ja menetelmiä monialaiseen innovointiin

6. teollisen muotoilun, tuotekehityksen ja materiaali-tekniikan vuorovaikutteista oppimista ja opettamista sekä yritys-koulutusta
7. opetus- ja tutkimushenkilöstön osaamista

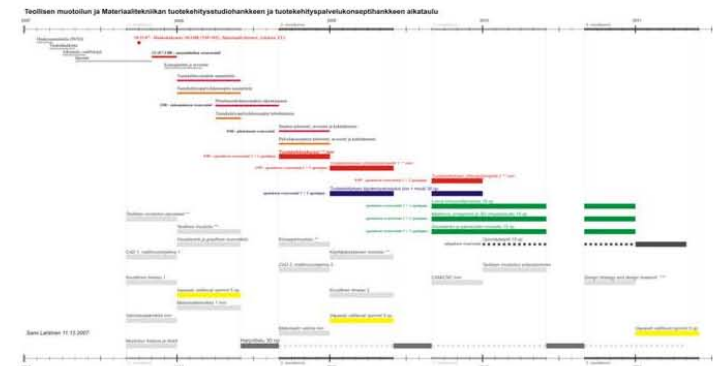
Tavoitteena on kehittää Materiaalitekniikan ja yhteistyöyritysten käyttöön moduloitu tuotekehitysprosessi ja menetelmäpankki, joka tukee yhteistyötä. Katso kuva 2.



Kuva 2. Teollisen muotoilun ja Materiaalitekniikan monialainen tuotekehitysprosessimalli

Toimenpiteet

Tiedonhankinta, projektsuunnittelu, aikataulu, osallistajat, ideointi ja tuotekehityskoestudionkonseptien luonnostelu huhtikuu - joulukuu 2007
Henkilöresursointi ja sisäinen rahoitus joulukuu 2007
Tuotekehitysstudion suunnittelu tammikuu-kesäkuu 2008
Pilotoivan Tuotekehitysstudion toteutuksen rakentaminen kevät ja kesä 2008
Pilotoiva Tuotekehitysstudio rakennetaan Teollisen muotoilun ja Materiaalitekniikan koulutusohjelmien käyttöön syyskuu 2008, jolloin alkavat koulutusohjelmien yhteiset tuotekehityskurssit. Katso kuva 3.
Tuotekehitysstudion koekäyttö, käyttökokeusten arviointi ja studion kehittäminen 2008-



Kuva 3. Teollisen muotoilun ja Materiaalitekniikan monialainen tuotekehitysstudion suunnittelu-aikataulu ja linkitys Teollisen muotoilun opetusohjelmaan (klikkaa kuvaa tai tästä nähdäksesi suurennettun version)

Tulokset

Monialaisen tuotekehitysstudion konseptisuunnitelmat valmistuvat keväällä 2008. Tuotekehitysstudion pilotti pyritään rakentamaan syksyllä 2008 alkavan Teollisen muotoilun ja Materiaalitekniikan Tuotekehityskurssin ja sitä seuraavien Tuotekehityksen yhteistyöprojektien 1 ja 2 kurssien tarpeisiin. Studion rakentaminen ja pilotointi toteutetaan avoimen suunnittelun periaatteiden eli niin, että tilaa voidaan soveltaa ja muuttaa erialojen tarpeisiin ja kehittää käyttökokeusten mukaan.

a) Vuoden 2007 keskeiset tulokset ovat moduloitun tuotekehitysprosessin ja tuotekehitysstudion konseptisuunnitelmien ideointi ja luonnostelu. Tuotekehitysstudion tehtäviä, toimintoja ja siellä toteutettavia prosesseja sekä laite- ja ohjelmistotarpeita on määritelty. Suunnitelmien kehittämistä ja tarvemäärittelyä jatketaan keväällä 2008.

b) Tarjoamme muille INTO-osallistujille konsepti- ja käyttäjälähtöisen muotoilun sekä työtilasuunnittelun osaamista. Toivomme muilta

LIITE 1(3).
Tuotekehitysstudio hanke

Teollisen muotoilun ja materiaali- ja tekniikan tuotekehitysstudio

<http://www.mikkeli.iamk.fi/kny/info2/muotoilumat.html>

pedagogista asiantuntemusta ja tukea.

IP- suojauksen koteloiluokkien eri numeroiden ja kirjainten merkitys

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2009, 161

TAULUKKO 51.1. Koteloiluokkien eri numeroiden ja kirjainten merkitys.

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Kirjaimet	IP	–	–
Ensimmäinen tunnusnumero		Suojaus vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä	Vaaralliset osat kosketussuojattu
	0	suojaamaton	suojaamaton
	1	kun halkaisija \geq 50 mm	nyrkiltä
	2	kun halkaisija \geq 12,5 mm	sormelta
	3	kun halkaisija \geq 2,5 mm	työkalulta
	4	kun halkaisija \geq 1,0 mm	langalta
	5	pölysuojatusti	langalta
	6	pölytiivisti	langalta
Toinen tunnusnumero		Suojattu veden sisäänpääsyn haitallisilta vaikutuksilta	–
	0	suojaamaton	
	1	pystysuoraan tippuvalta vedeltä	
	2	tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15 astetta)	
	3	satavalta vedeltä	
	4	roiskuvalla vedeltä	
	5	vesisuihkulta	
	6	voimakkaalta vesisuihkulta	
	7	lyhytaikaisesti upotettuna	
	8	jatkuvasti upotettuna	
Täydentävät kirjaimet (vapaaehtoiset)		–	Vaaralliset osat kosketussuojattu
	A		nyrkiltä
	B		sormelta
	C		työkalulta
	D		langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)		Täydentävän tiedon merkitys	–
	H	Suurjännitelaite	
	M	Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä	
	S	Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä	
	W	Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	

Suunnittelun lähtökohdat

MATERIAALIN LOPULLINEN VALINTA

- Mitkä ovat CEF:n mielestä tärkein kriteeri materiaalinvalinnassa
- Hinta, menetelmä ja saatavuus? Tarvitseeko mieltä kuinka tarkasti tässä projektissa
- Pitää olla halpa--> lopputuotteen hinta n.500€ylöspäin?
- Valitaanko materiaali muotoilun (menetelmän) perusteella vai jonkin muun?
- Muotoilun perusteella paras valmistusmenetelmä olisi valumenetelmä.
- EMC- suojaus: Muovi(+lisäaine tai pinnoitus) vai metalli? Vertailu!?
- Alustavalla CES-tarkastelulla koneistaminen edullisin vaihtoehto (kpl.määrä)

Keskustelu Jani Rutasen ja V-M Kinasen kanssa:

- Tuotteesta ei haluta perinteistä CEF:n ”peltilaatikkoa”
- Tuotteen pitää olla kestävämpi kuin markkinoilla (julkisilla) jo olevat laitteet
- Materiaali halpaa
- Kulutuskestävä
- Todennäköisin valmistusmenetelmä olisi valumenetelmä
- Valumenetelmien ja koneistuksien kustannusvertailu

Alustavat ajatukset etenemisestä:

- Valumenetelmän ja koneistuksen kustannuksien vertailu
- Valumenetelmällä valmistettavien materiaalien ominaisuuksien vertailu koneistettaviin

Kysymyksiä:

- Miten valittujen materiaalien valmistusmenetelmiä voi/kannattaa vertailla?
-

Suunnittelu:

- Suunnittelun toteutuksen palaveri koululla 28.5
- Suunnittelun aloitus ruiskuvalumenetelmän mukaan ja sen jälkeen valitaan lopullinen valmistusmenetelmä ja materiaali.
- Mahdollinen valmistusmenetelmä SLS?

3 Structural Designs for Thermoplastics

3.1 Uniform and Symmetrical Wall Thickness

The ultimate design rule for injection molding thermoplastic products is to ensure that the wall thickness is uniform and symmetrical.

Non-uniform and/or heavy wall thicknesses can cause serious warpage and dimensional control problems in the injection molded products. Heavy wall sections cause not only internal shrinkage, voids, and surface sink marks, but also nonuniform shrinkage resulting in poor dimensional control and warpage problems.

Figure 3-1 shows a poor cross section design of perpendicular corner walls that causes molding problems, such as differential shrinkage, warpage (concave) of both walls, and internal voids in the corner of the thicker wall. The last two designs are recommended to avoid these molding problems.

Figure 3-2 shows a heavy wall cross section design that could cause molding problems and the recommended design using a thin wall and proportional ribs.

Figure 3-3 shows a nonuniform wall section that should be replaced with a thin uniform wall having the same strength of the original heavy wall section.

Figure 3-4 shows another poor and the recommended uniform wall design.

Figures 3-5 and 3-6 show cross sections of two nonuniform wall designs and the recommended designs with a uniform wall thickness to avoid warpage, internal voids, long molding cycles, and surface sink marks.

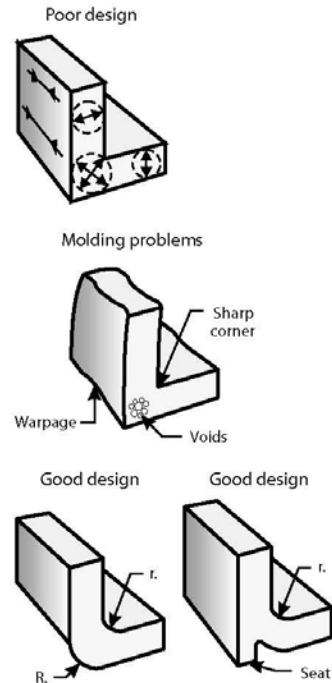


Figure 3-1 Perpendicular walls, end corner designs



Figure 3-2 Heavy wall vs. thin uniform ribbed wall designs

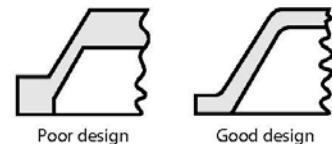


Figure 3-5 Nonuniform wall vs. thin uniform wall designs

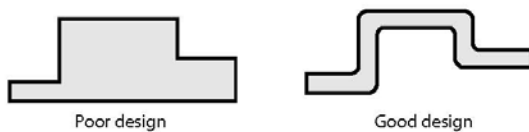


Figure 3-3 Nonuniform wall vs. thin uniform wall designs

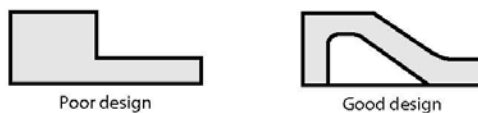


Figure 3-4 Nonuniform wall vs. thin uniform wall designs

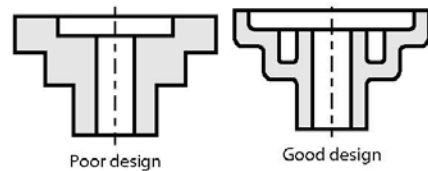


Figure 3-6 Nonuniform wall vs. thin uniform wall designs

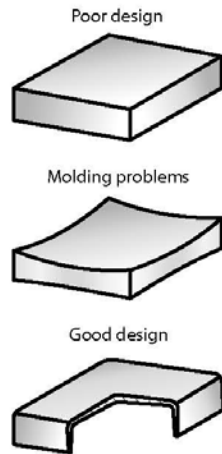


Figure 3-7 Problematic rectangular tray design

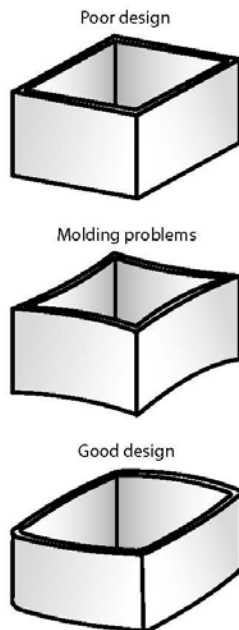


Figure 3-8 Problematic square box design

3.1.1 Part Geometries Difficult to Mold

The most serious defects caused by part geometry during the injection molding process are warpage, internal voids, surface finishing, dimensional control, and sink marks.

These problematic part geometries are illustrated in Figure 3-7, which shows a poor design of a uniform wall thickness rectangular tray. The tray top surface corners are warped upward, while the vertical side walls are warped inward. The recommended design calls for a small crown on the top surface and the side walls to compensate for the warpage, with radii in all corners and a uniformly tapered wall starting from the center (thicker wall for gating) until the side wall ends.

Figure 3-8 shows a poor design of a square box. The vertical side walls of the molded box are warped inwards. The recommended design calls for a small crown on the side walls to compensate for the warpage and radii in all corners.

Figures 3-9, 3-10 and 3-11 show poor designs. The molded vertical walls are warped. The proper designs have tapered walls and radii in all corners.

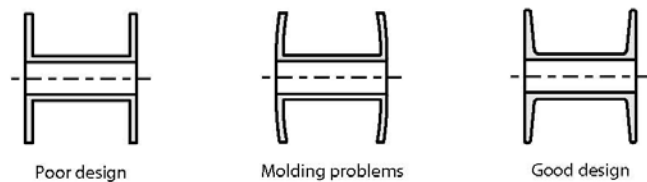


Figure 3-9 Problematic electrical bobbin (spool) design

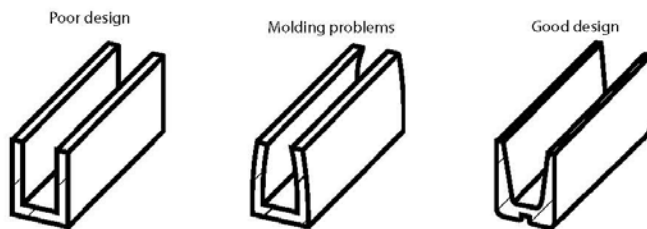


Figure 3-10 Problematic "U" beam design

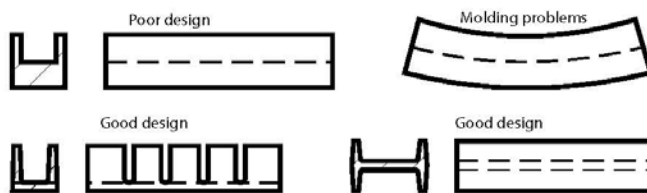


Figure 3-11 Problematic structural beam design

3.1.2 Wall Draft Angle per Side

Draft angles for internal and external walls are essential to the ejection of the molded parts from the mold. External walls require smaller draft angles than the internal walls. Thermoplastic material expands in volume inside the plastifying unit and the solid material is transformed into a flowing melt. Then, the hot melt is injected inside the mold. The cold temperature inside the cavities initiates cooling-off and shrinking the hot melt. The amount of shrinkage of a molded part is a product of the mold shrinkage characteristics of the polymer, the part wall thickness, injection/packing time, mold temperature, and cooling time. During the shrinkage process, the molded part's external walls shrink away from the cavity's external walls, while the internal walls shrink in around the core surface or walls.

Semi-crystalline thermoplastic materials have higher mold shrinkage characteristics than amorphous materials. Parts made of semi-crystalline materials require higher draft angles for their internal walls, while amorphous materials that have lower mold shrinkage characteristics, require higher draft angles for their external walls, lower mold temperatures, and longer cooling times.

When a molded part requires an internal wall with a minimum draft angle, it is recommended to have an efficient mold temperature control, with mold cavities and cores made of hardening tool steel, well polished in the direction of ejection and low coefficient of friction surface coating on the cores.

For external walls without texture made of either unreinforced or reinforced resins, a minimum draft angle of $0^{\circ} 15'$ to $0^{\circ} 30'$ is recommended. For internal walls, a minimum draft angle per wall of $0^{\circ} 30'$ to 1.0° is recommended.

For parts made of mineral/fiber glass reinforced resins having internal walls without texture less than 1.00 in deep, a minimum draft angle per wall of 1.0° to $1.0^{\circ} 30'$ is recommended. For internal walls without texture deeper than 1.00 in, a minimum draft angle per wall of $1.0^{\circ} 30'$ to 3.0° is recommended.

Figure 3-12 shows the equation to calculate the mold cavity external wall draft dimension per side, based on the draft angle and the cavity depth.

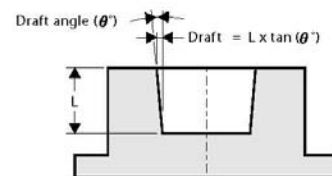


Figure 3-12 Mold cavity wall draft angle per side

3.2 Structural Rib Design

When designing injection molding products with thermoplastic materials, it is critical to maintain uniform thin and symmetrical wall thicknesses. Nonuniform wall thickness can cause serious warpage, sink marks, and dimensional control problems. If greater strength or stiffness is required for a product design, it is more economical to use proportional ribs and thin base walls rather than thick-walled sections.

For products requiring good surface appearance, the proper selection of thermoplastic materials is very important. For many resins, the use of ribs should be avoided, because they produce sink marks on the external surface and this defect becomes very noticeable on the molded product. If ribbing is necessary in a surface appearance application, the base wall thickness of the rib should be 40 to 50% of the base wall thickness, with a draft angle per wall of $0^{\circ} 45'$. There are several resins on the market that have good surface appearance behind the rib area, for example, PVC, ABS, PC, LCP, PBT, PET, among others. The sink mark problem could be improved by hiding the sink marks behind an external texture, letter, or surface undulation. For applications requiring uniform base

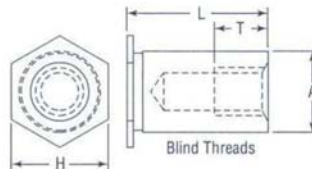


Self-Clinching Standoffs

Series CFBSO, CFBSOS, CFBSOA



Continues from previous page



All Measurements In Millimeter.

Dimensions & Specifications

Thread Size	Part Number	L LENGTH +0.05 -0.13 mm											+0.08 -0.00	A Dim. +0.00 -0.13	H Hex Dim. (Nom.)	Min.	Min.			
		3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22						25		
M3	CFBSO																			
	CFBSOS M3				-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-25	4.2	4.19	4.8	6.0	1.0		
	CFBSOA																			
M3.5	CFBSO																			
	CFBSOS3.5M3			-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-25	5.4	5.38	6.4	7.0	1.0		
	CFBSOA																			
M4	CFBSO																			
	CFBSOS M4				-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-25	7.2	7.11	7.9	8.0	1.3		
	CFBSOA																			
M5	CFBSO																			
	CFBSOS M5				-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-25	7.2	7.11	7.9	8.0	1.3		
	CFBSOA																			
T Dim. Min.			3.2	4.0	5.0	6.5	9.5													

396



F5 Captive Screws Flush series

- Flush when fastened



Material and Finish

Shell: 303 Stainless steel, passivated

Screw:

Slotted: 303 stainless steel, passivated.

Phillips: 430 stainless steel, passivated

Notes

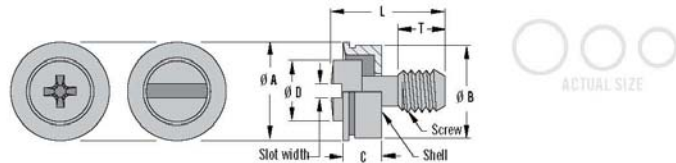
For use in most aluminums or in low carbon steels that are 1/4 hard or softer

Screws will float 0.5 (.02) total movement

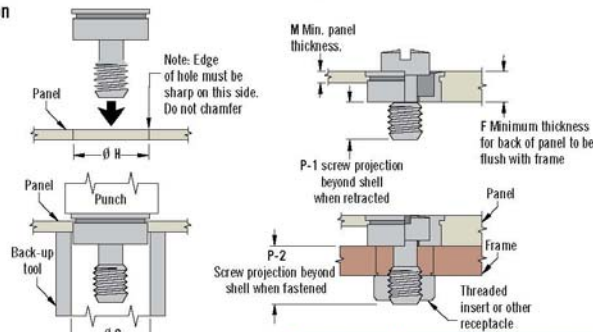
Shipped assembled

Part Number

See table



Installation



Thread Size	Max. Recommended Tightening Torque
M3/4-40	0.6 N·m (5in·lbf)
6-32	1.6 N·m (14in·lbf)
M4/8-32	2.8 N·m (25in·lbf)

See page 497 for additional installation guidelines

Recess Style	Thread Size	Screw Dimensions					Slot Width	Screw Length L	Part Number		Screw Projection Beyond Outer Surface of Panel		Installation Dimensions			
		Ø A	Ø B	C	Ø D	T			Metric	Imperial	P-1	P-2	Ø H	M	F	Ø S
Phillips	M4 x 0.7 or UNC 8-32	10.1 (.40)	9.45 (.373)	3.1 (.122)	6.4 (.25)	4.3 (.17)	--	8.6 (.34)	F5-M4-P2	F5-832-P2	4.3 (.17)	5.6 (.22)	9.5 ^{+0.03} ₋₀ (.375 ^{+0.013})	1.5 (.060)	3.2 (.125)	9.6 ^{+0.1} _{-0.02} (.379 ^{+0.014})
								9.6 (.38)	F5-M4-P4	F5-832-P4		6.6 (.26)				
								10.6 (.42)	F5-M4-P6	F5-832-P6		7.6 (.30)				
								11.6 (.46)	F5-M4-P8	F5-832-P8		8.6 (.34)				
Slotted	M3 x 0.5 or UNC 4-40	7.1 (.28)	6.45 (.254)	1.7 (.067)	4 (.16)	3.8 (.15)	0.9 (.035)	5.8 (.23)	F5-90-402-20	F5-60-402-20	3.8 (.15)	4.1 (.16)	6.5 ^{+0.03} ₋₀ (.257 ^{+0.012})	1.3 (.050)	1.8 (.070)	6.6 ^{+0.1} _{-0.02} (.260 ^{+0.014})
								7.9 (.31)	F5-90-406-20	F5-60-406-20		6.1 (.24)				
								6.4 (.25)	--	F5-60-602-20		4.3 (.17)				
								8.4 (.33)	--	F5-60-606-20		6.4 (.25)				
	M4 x 0.7 or UNC 8-32	10.1 (.40)	9.45 (.373)	2.34 (.092)	6.4 (.25)	5.1 (.20)	1.1 (.045)	8.9 (.35)	F5-M40-14	F5-832-14	5.1 (.20)	6.6 (.26)	7.5 ^{+0.03} ₋₀ (.295 ^{+0.013})	1.4 (.055)	2.2 (.085)	7.6 ^{+0.1} _{-0.02} (.299 ^{+0.014})
								9.9 (.39)	F5-M40-16	F5-832-16		7.6 (.30)				
								10.9 (.43)	F5-M40-18	F5-832-18		7.4 (.29)				
								8.9 (.35)	F5-M40-14	F5-832-14		8.6 (.34)				



www.southco.com/F5

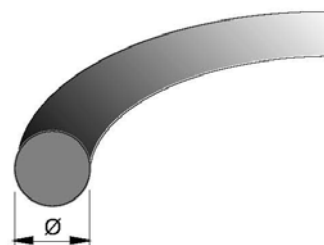
Dimensions in millimeters (inch) unless otherwise stated





Tuote No	Koko	Kieppipituus
----------	------	--------------

1082 033	Ø 1,78 mm	5 m
1082 033X	Ø 1,78 mm	100 m
1082 035	Ø 2,00 mm	5 m
1082 035X	Ø 2,00 mm	100 m
1082 037	Ø 2,40 mm	5 m
1082 037X	Ø 2,40 mm	100 m
1082 039	Ø 2,62 mm	5 m
1082 039X	Ø 2,62 mm	100 m
1082 041	Ø 3,00mm	5 m
1082 041X	Ø 3,00 mm	100 m
1082 043	Ø 3,53 mm	5 m
1082 043X	Ø 3,53 mm	100 m
1082 045	Ø 4,00 mm	5 m
1082 045X	Ø 4,00 mm	100 m
1082 047	Ø 5,00 mm	5 m
1082 047X	Ø 5,00 mm	100 m
1082 049	Ø 5,33 mm	5 m
1082 049X	Ø 5,33 mm	100 m
1082 051	Ø 5,70 mm	5 m
1082 051X	Ø 5,70 mm	100 m
1082 053	Ø 6,00 mm	5 m
1082 053X	Ø 6,00 mm	100 m
1082 055	Ø 7,00 mm	5 m
1082 055X	Ø 7,00 mm	100 m
1082 057	Ø 8,00 mm	3 m
1082 057X	Ø 8,00 mm	100 m
1082 059	Ø 10,00 mm	3 m
1082 059X	Ø 10,00 mm	100 m
1082 061	Ø 12,00 mm	3 m
1082 061X	Ø 12,00 mm	50 m
1082 063	Ø 15,00 mm	3 m
1082 063X	Ø 15,00 mm	50 m



- Bensiniin- ja polttoaineen kestävä
- Rajoitettu säänkestävyys
- Materiaali : Nitrili NBR -kumi
- Lämpötilan kesto : -40 - +90 °C
- Kovuus : 70 ± 5 °shA
- Väri : Musta
- Käyttö : Esim. O-rengas tiivistenauhana