

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantopainotteinen konetekniikka

2013

Miika Pohjola

MUOTIN SUUNNITTELU- JA VALMISTUSPROSESSI SOLUMUOVITEOLLISUUDESSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Miika Pohjola

MUOTIN SUUNNITTELU- JA VALMISTUSPROSESSI SOLUMUOVITEOLLISUUDESSA

Tässä insinööriyössä käsitellään Konepaja Litzen Oy:n muottisuunnittelu- ja valmistusprosessia. Työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa muotti asiakkaan tilauksen mukaan sekä kehittää muottiprosessia kustannustehokkaampaan suuntaan. Työssä kiinnitettiin erityistä huomiota muotin osien koneistusaikojen lyhentämiseen, laadun parantamiseen sekä koko muottiprosessin tehostamiseen.

Laadukkaan muotin valmistamiseksi tuli ymmärtää koko muottiinpaisutusprosessi. Muottiinpaisutusprosessi koostuu neljästä eri työvaiheesta. Ensimmäisessä työvaiheessa raaka-aine ruiskutetaan muottiin. Toisessa työvaiheessa muotin höyryventtiilit avataan ja raaka-aine alkaa sintraantua. Sintrauksen jälkeen muotti jäähdytetään veden avulla, jonka jälkeen tuote poistetaan muotista.

Valmistettavan muotin koiras- ja naaraspuoliskot muodostavat valmistettavan lopputuotteen muodot. Muotin seinämiä lämmitetään ja jäähdytetään jatkuvasti, nopeampien lämpötilavaihteluiden aikaansaamiseksi muotin seinämistä tulisi tehdä mahdollisimman ohuita. Täyttöpistoolien ja höyrysuuttimien tulee yhdessä taata mahdollisimman tehokas täyttyminen muotille sekä asiakkaan vaatimusten mukainen tuote.

Muotti piirrettiin käyttäen SolidWorks Professional -ohjelmistoa. Kyseinen ohjelmisto on ollut käytössä toimeksiantajalla jo aikaisemmin. Muotin piirtäminen sujui ilman suuria ongelmia, jonka jälkeen koneistettavista osista tehtiin piirustukset. Tämän jälkeen luotiin työstöradat SolidWorks V 5.2 -ohjelmistolla. Muotin osat koneistettiin, muottiin lisättiin höyrysuuttimet ja muotti kasattiin yhteen. Valmiin muotin tarkastuksessa ei ilmennyt epäkohtia, ja valmis muotti toimitettiin asiakkaalle sovittuna toimitusaikana.

ASIASANAT:

muottiinpaisutusprosessi, muotopuristusautomaatti, solumuovi, muottisuunnittelu, muottivalmistus

Miika Pohjola

MOLD DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS IN EXPANDED PLASTIC INDUSTRY

This thesis deals with the mold designing- and manufacturing process in Workshop Litzen Ltd. The goal was to design and manufacture a mold which a customer of the workshop had ordered. Another goal was to develop the whole mold process to a point where expenses are lower. In the thesis the main focus was to use less time in machining, for better quality and development the whole process.

The whole mold swelling process has to be understood for the best possible quality. There are four different stages in the process. In the first stage the raw material is injected to the mold. In the second stage steamvalves are opened and the raw material starts to vaporize. After that the mold is cooled by using water and finally the product is removed from the mold.

The shape of the product comes from the male and female side of the mold. Walls of the mold are cooled and heated constantly. For faster variation in temperature, the walls have to be as thin as possible. The filling pistols and steam nozzles together should guarantee as effective filling as possible and the product should fulfil the customers' requirements.

The mold was drawn by using the software SolidWorks Professional. The software has already been in use at Workshop Litzen Ltd before. The drawing of the mold succeeded without any major problems. After that the drawings of the mold were made from machining parts. The following phase was to create the machining lines by using the SolidWorks software. Parts of the mold were machined, steam nozzles were added and the whole mold was put together. There were no faults in the inspection stage and the completed mold was delivered to the customer as promised.

KEYWORDS:

mold swelling process, shape pressing automatic, expanded plastic, mold designing, mold manufacturing

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 SOLUMUOVI	2
3 MUOTTIINPAISUTUSPROSESSI	4
3.1 Muotopuristusautomaatti ja sen toiminta	4
3.1.1 Täyttö	6
3.1.2 Höyrytys	6
3.1.3 Jäähdytys	7
3.1.4 Irroitus	8
3.2 Muottiinpaisutusmuotti	8
3.2.1 Muoto-osat	10
3.2.2 Höyrystimet	10
3.2.3 Täyttöpistoolit	11
3.2.4 Jäähdytysharava	12
3.2.5 Ulostyöntötangot	13
3.2.6 Tukitapit- ja levyt	15
4 SUUNNITTELU	16
4.1 Yleistä suunnittelusta	16
4.2 Muottisuunnittelu	18
4.3 CAM-ohjelmointi	18
5 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS	20
5.1 3D-mallin mukainen suunnittelu	21
5.2 CAM-ohjelmointi	27
5.3 Muotin kasaus ja tarkistus	28
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	30

LIITTEET

- Liite 1. Höyrykammiopiirustus.
- Liite 2. Höyrystimien reikien poraus.
- Liite 3. Kierrätyslogon jrsintä.

KUVAT

Kuva 1. Materiaalien kierrätyslogot.	2
Kuva 2. Prosessisykli poikkileikkauksena muottitasolla.	4
Kuva 3. Muottiinpaisutusmuotin ja höyrykammioiden poikkileikkauksena.	7
Kuva 4. Höyrysuuttimia.	11
Kuva 5. Täyttöpistooli.	12
Kuva 6. Vesisuutin ja jäähtytysarava.	13
Kuva 7. Ulostyöntötanko.	14
Kuva 8. Työntölevyjä.	14
Kuva 9. Tukitappi.	15
Kuva 10. Muottiprojektin vaiheet.	16
Kuva 11. Muottiprosessissa käytettävä suuntaa-antava aikajakauma.	21
Kuva 12. Peruslevyjen kokoonpano.	22
Kuva 13. Kuorimallit.	23
Kuva 14. Koiras- ja naaraspuoliskot.	24
Kuva 15. Aluslaatta.	25
Kuva 16. Muotin liikkuva puolisko.	26
Kuva 17. Muotin kiinteä puolisko.	26

KÄYTETYT LYHENTEET

EPS	soluuntuva polystyreeni, expandable polystyrene
EPP	soluuntuva polypropeeni, expandable polypropenyle
EPE	soluuntuva polyeteeni, expandable polyetylene
CAD	tietokoneavusteinen suunnittelu, computer aided design
CAM	tietokoneavusteinen valmistus, computer aided manufacturing
NC	numeerinen ohjaus, numerical control
5754	yleisesti käytössä oleva kuumavalssattu alumiinilevy
5083	erikoistoleransseihin esikoneistettu valettu alumiinilevy

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja Konepaja Litzen Oy on Halikossa sijaitseva alihankintakonepaja. Yrityksessä valmistettavien kappaleiden koko vaihtelee alle kymmenestä millimetristä jopa yli metriin. Konepaja Litzen Oy on erikoistunut alumiinien ja muovien koneistamiseen. Yrityksen henkilöstömäärä on 13 vakituista työntekijää, joista 9 työskentelee tuotannossa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2012 oli noin miljoona euroa. Toimeksiantaja on aiemmin valmistanut muutamia muottiinpaisutusmuotteja solumuoviteollisuuteen. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa kustannustehokkaasti asiakkaan tilauksen mukainen muottiinpaisutusmuotti.

Työssä kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, miten tuotantoprosessia pystytään tehostamaan. Lähtötilanne oli melko haastava, koska muottisuunnittelusta oli pohjatietoa hyvin vähän. Työn alkuvaiheessa tutustuttiin muotopuristusautomaatin toimintaan sekä koko muottiinpaisutusprosessiin, jotta saatiin selville muotin kriittiset ominaisuudet. Varsinainen muotinsuunnittelu- ja valmistusprosessi sujuivat odotetusti ilman suurempia vastoinkäymisiä. Tämän työn tuloksena löydettiin merkittäviä uudistuksia aiemmin mainittuihin prosesseihin. Havaittuja uudistuksia käytetään edelleen toimeksiantajan suunnittelu- ja tuotantoprosesseissa.

Tässä insinöörityössä käsitellään muotin suunnittelua ja valmistusta asiakkaan tilauksen vastaanottamisesta valmiin muotin toimitukseen. Työn tekeminen oli vaativaa, koska lähdekirjallisuutta oli melko vähän. Suuri apu löytyi asiakkaan yhteishenkilöstä, jolla on alalta vuosien työkokemus.

2 SOLUMUOVI

Solumuovi on moneksi muotoutuva ja laajasti käytetty materiaali, jolla on erittäin hyvät iskunvaimennusominaisuudet. Solumuovia käytetään yleisesti pakkausten valmistusmateriaalina. Pakkauksena solumuovi tarjoaa tuotteelle iskunvaimennus- ja lämmöneristysuojan sekä huolitellun tarkoitukseensa suunnitellun ja mitoitettun pakkauksen. Käytettävät materiaalit (polymeerit) voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: EPS, EPP ja EPE. Kuvassa 1 on kuvattuna materiaalien kierrätyslogot. Materiaalit eroavat toisistaan lämmönkeston ja iskunvaimennusominaisuuksien osalta. Raaka-aineista yleisimmin käytetty on EPS. EPP ja EPE sopivat erityisesti vaativampiin käyttötarkoituksiin. [1]



Kuva 1. Materiaalien kierrätyslogot. [1]

EPS eli paisutettu polystyreeni sopii esimerkiksi herkkien instrumenttien ja helposti rikkoutuvien tuotteiden pakkaamiseen, yleisiä käyttökohteita ovat myös kylmä- ja lämpölaukut sekä elintarvikepakkaukset. Paisutetun polystyreenin erityisominaisuuksia ovat erittäin hyvä lämmönkesto (-40 – +80 °C) sekä edullisuus pakkausmateriaalina. [1]

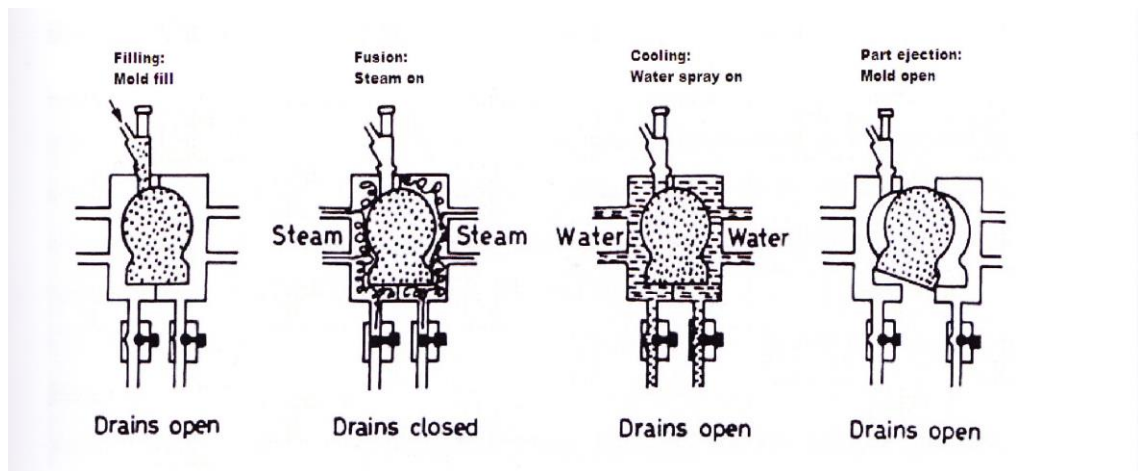
Paisutettu polypropeeni eli EPP on erittäin monikäyttöinen materiaali. Tyypillisiä käyttökohteita ovat elektroniikkateollisuudessa komponenttien kuljetusalustat sekä erityisesti raskaiden laitteiden kuljetuspakkaukset. Materiaalilla on erittäin hyvä iskunvaimennuskyky ja tietyillä laaduilla myös hyvä sähkönjohtavuus. Elintarvikepakkauksissa EPP:n hygieenisuus ja lämmöneristyskyky ovat

erinomaisia. Lämmönkesto materiaalilla on $-40 - +120$ °C. Materiaalin lujuus, suljettu solurakenne sekä hyvä kemikaalikestävyys takaavat tuotteiden useampikertaisen käytön. Merkittävä käyttöalue on myös liikenneturvallisuutta parantavat tuotteet, kuten turvaistuimet ja pyöräilykypärät. [1]

EPE on hyvä materiaali pakkauksille, joita käytetään monta kertaa. Paisutettuun polyeteeniin on turvallista pakata herkätkin instrumentit ja se soveltuu pitkillekin matkoille, sillä se kestää hyvin toistuvia iskuja. Materiaalilla on erittäin hyvä taivutusmurtolujuus ja sen lämmönkesto on $-40 - +80$ °C. [1]

3 MUOTTIINPAISUTUSPROSESSI

Laajenevat solumuovit asettavat prosessisyklille tietyn vakiokaavan. Prosessisyklin perusosiot ovat raaka-aineen syöttö muottiin, muotin höyrytys sekä jäähdytys ja kappaleen irrotus muotista. Sykliin perusosiin lisätään usein myös lämmitys, sen ollessa olennainen osa tehokasta, nykyaikaista prosessisykliä. Raaka-ainehelmet ruiskutetaan suljettuun muottiin ja aloitetaan sintrausvaihe. Sintrausvaiheessa muottikammioissa sijaitsevat höyryventtiilit avataan, jolloin raaka-ainehelmet alkavat laajenemaan ja yhtyvät toisiinsa materiaalille ominaisen lasittumislämpötilan ylittyessä. Sintrausvaiheen jälkeisessä jäähdytysvaiheessa muotin lämpötilaa alennetaan, jotta tuote voidaan poistaa muotista. Jäähdytys tapahtuu suihkuttamalla vettä muotin takapinnalle. Prosessin eri vaiheet ilmenevät kuvasta 2. [2]



Kuva 2. Prosessisykli poikkileikkauksena muottitasolla. [2]

3.1 Muotopuristusautomaatti ja sen toiminta

Muotopuristusautomaattien osat ovat vahva teräsrunko, putkijohteet, paine-, raaka-aine- ja höyryjärjestelmät sekä muottikammiot ja kappaleiden poistosysteemi.

Raaka-aineen syötöllä tarkoitetaan muotin täyttämistä raaka-ainehelmillä. Täyttö toteutetaan raaka-ainepistoolien avulla. Muotin täydelliseen täyttymiseen vaaditaan yleensä useita pistooleita. [8]

Muotin lämmityksen tarkoituksena on pitää vallitseva lämpötila raja-arvojen sisällä ja sen avulla tehostaa prosessisykliä. Muotti voidaan tarvittaessa lämmittää jo ennen materiaalin syöttöä. Höyrytyksellä tarkoitetaan helmien liittymistä toisiinsa sulamislämpötilaa alemmissa lämpötiloissa eli raaka-aineen sintraamista. Lämmitys ja höyrytys toteutetaan molemmat vesihöyryn avulla, joka kulkee muottiin erillisten höyrysuuttimien kautta. Höyrytysjaksoja voidaan säädellä materiaalin ja materiaalipaksuuksien mukaan. Höyrytysjaksoja säätämällä pystytään vaikuttamaan muotin täyttymiseen sekä tasaamaan materiaaliominaisuudet eri tuotteille aineenpaksuuksien vaihtelusta riippumatta. [8]

Muotti jäähdytetään muotin taakse sijoitettavalla vesiharavalla. Jäähdytyksen tarkoituksena on laskea muotin lämpötila sille tasolle, jolla tuote voidaan irrottaa muotista. Lämpötilan ollessa liian korkea tuote repeää irrotusvaiheessa ja liiallinen lämpötilan laskeminen pidentää sykliä lisääntyneen lämmitystarpeen johdosta. [8]

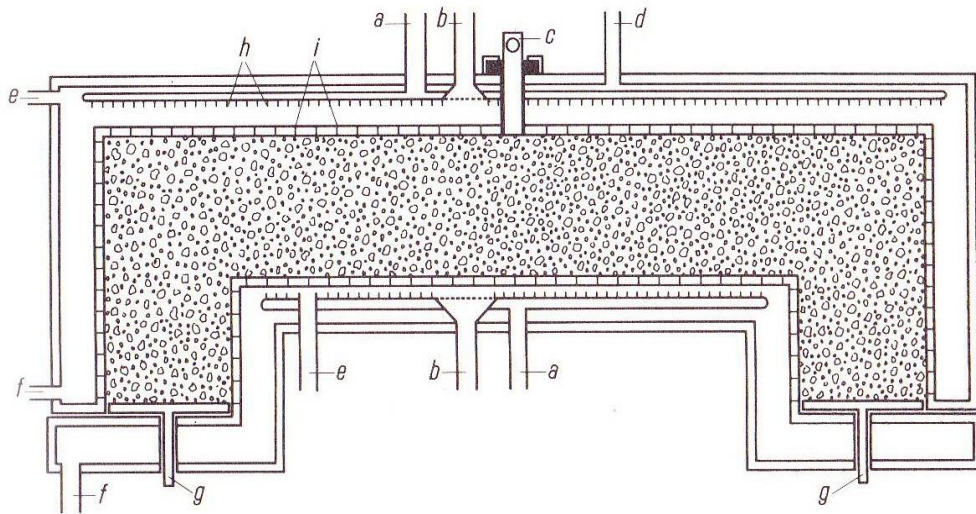
Tuote irrotetaan muotista ulostyöntötangoilla, ilmanpaineella, erillisillä manipulaattoreilla tai näiden erilaisilla yhdistelmillä. Yleensä tuotteen irrotus tapahtuu työntötangoilla. Tangot sijaitsevat lähes poikkeuksetta vain kiinteällä muottipuoliskolla ja erillinen liikkuva takalevy käyttää jousikuormitteisia työntötankoja. Vaikeammassa tapauksissa tuote irrotetaan käyttäen sekä työntötankoja että ilmanpainetta tai ilmanpainetta ja manipulaattoria. Irrotusilmanpainetta pystytään säätämään molemmilla muottipuoliskoilla erikseen aina yksittäisestä kertapuhalluksesta jaksottaisiin sarjapuhalluksiin. Irrotustyypin oikealla valinnalla turvataan tuotteen ehjänä säilyminen muotista poistamisen aikana ja näin varmistetaan tuotantosyklin keskeytymätön toiminta. [8]

3.1.1 Täyttö

Muotin täytöllä tarkoitetaan raaka-ainehelmien ruiskutusta muottiin raaka-ainepistooleilla. Raaka-ainepistooleita on lukuisia erilaisia, mutta toimintaperiaate on kaikissa sama: helmet puhalletaan muottiin paineilman avulla. Muotin tasainen täyttyminen on riippuvainen muotin sisällä vallitsevista virtauksista sekä raaka-ainepistoolien määrästä ja sijoituksesta. Virtausten ymmärtäminen onkin suuressa roolissa muotin tasaisen ja nopean täytön kannalta. Muotissa on yleensä useita raaka-ainepistooleita sekä muotin tilavuuden että sen muotojen mukaisessa suhteessa. Usealla, oikein sijoitetulla, pistoolilla saavutetaan nopeampi ja täydellisempi muotin täyttyminen. [3]

3.1.2 Höyrytys

Kiinnitettäessä muottipuoliskot muottikammioon (Kuva 3) jää niiden taakse tyhjää, jota kutsutaan höyrykammioksi. Höyrykammiota käytetään tuotteen höyrytyksen eli sintrauksen lisäksi sekä täytössä että jäähdytyksessä. Sintrauksessa kammiot höyrytetään avaamalla koneen höyryventtiilit. Kammioista höyry pääsee höyrystimien kautta muottiin ja virtaa raaka-ainehelmien välistä. Muotti ei ole suljettunakaan täysin ilmatiivis, jolloin höyry pääsee kulkemaan muotissa vapaammin. Muotin seinämät ovat suutitettuja, jotta höyry läpäisee paremmin koko muotin ja tasaa lämpöjakaumaa muotin sisällä. Laajentuessaan raaka-ainehelmet alkavat vastustaa höyryn virtausta, joka aiheuttaa höyrykammioiden paineen nousua ja höyrytys lopetetaan, kun höyryn vastapaine on 0,5–1,5 bar. Höyrytysaika on tuotteen ominaisuuksien lisäksi riippuvainen höyryputkien halkaisijasta, höyryn paineesta sekä muotin kunnosta ja koosta. Höyrytyksen katkaisun jälkeen on 5–10 s:n odotusaika, jolloin höyrykammion- ja muotinsisäinen paine tasoittuvat. Tämän jälkeen voidaan aloittaa muotin jäähdytys. [3]



Kuva 3. Muottiinpaisutusmuotin ja höyrykammioiden poikkileikkauskuva. [3]

a) veden tuloputki, b) höyryn tuloputki, c) täyttöpistooli, d) paineanturi, e&f) poistoputket, g) ulostyöntötangot, h) jäähdytyssuuttimet, i) höyrysuuttimet

3.1.3 Jäähdytys

Nykyään jäähdytys tapahtuu pääsääntöisesti suihkuttamalla vettä muotin takapinnalle. Jäähdytysputkistot valmistetaan kupariputkesta, johon kiinnitetään suihkutussuuttimet. Aiemmin jäähdytysputkistoon porattiin vain reikiä, joista vesi suihkusi muottiin. Suuttimia käyttämällä saadaan tasaisempi suihku muotin pinnalle. Jäähdytysveden mukana tulevien epäpuhtauksien takia on tärkeää, että suuttimet voidaan myös vaihtaa tai irrottaa puhdistusta varten niiden tukkeutuessa. Jäähdytysjärjestelmän tulisi taata tasainen jäähtyminen koko muotin alalla, jolloin minimoidaan ongelmat höyrytyksessä ja tuotteen irrotuksessa. [4]

Valmistettavan tuotteen jäähdytyksellä on suuri merkitys lopputuloksena saatavalle tuotteelle ja prosessiin kuluvalle energialle. Liian vähäinen jäähdytys alentaa tuotteen muototarkkuutta ja heikentää tuotteen pinnanlaatua. Liiallinen jäähdytys kasvattaa prosessin energiankulutusta. Materiaalin kertymäkohtiin,

suutittamattomiin seiniin sekä tukitappeihin ja -levyihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Nämä kohdat tarvitsevat enemmän energiaa jäähtymään ja lämmitäkseen. Suurien lämpötilaerojen vuoksi tuotteen pinta saattaa höyrytysvaiheessa jäädä sintrautumatta tai irrotuksessa palaa kiinni muotin seinämiin. Jäähdytyksen kannalta oleellista olisi minimoida lämmitettävän ja jäähdytettävän materiaalin määrä sekä pyrkiä muotin tasalaatuisuuteen. [3]

3.1.4 Irroitus

Yleisin irroitustyyppi on yksinkertaiset jousikuormitteiset ulostyöntäjät. Ulostyöntötankojen päät ovat muottityypistä riippuen joko höyrykammioissa tai koneen takana muotin ulkopuolella. Ulostyöntäjien etulevyt ovat sisällä muottikammioissa. Ulostyöntäjiä kuormitetaan koneen takalevyn välityksellä muotin avautuessa. Normaalisti irroitukseen käytetään työntötankojen ja paineilman yhdistelmää. [3]

Muoteissa voidaan käyttää tuotteen irtoamisen helpottamiseksi myös erilaisia päällysteitä tai aineita. Uusi muotti tulisi käsitellä irroitusaineilla useasti päivän aikana. Irroitusaineet ovat silikonipohjaisia rasvoja tai korkean sulamispisteen omaavia vahoja. Irroitusaineita parempana vaihtoehtona pidetään kuitenkin teflon-pinnoitetta. Puhtaan muotin pintaan voidaan sintrata hyvin kulutusta kestävä teflon-pinnoite. Teflonoinnin huono puoli on pintakäsittelystä aiheutuvat kustannukset sekä tarve uusien pinnoite aika ajoin. [3]

3.2 Muottiinpaisutusmuotti

Muottiinpaisutusmuotti on muotopuristusautomaatin tärkein osa. Sen ominaisuudet ovat seuraavanlaiset:

- paineen kesto noin 3 baariin asti
- lämmönkesto vähintään 150 °C
- matala ominaislämpökapasiteetti
- korkea lämmönjohtavuus

- alhainen lämpölaajenemiskerroin
- hyvä dynaamisen kuormituksen kesto
- hyvä korroosionkestävyys jatkuvassa kosketuksessa ilman, veden ja höyryn kanssa
- riittävä pinnan kovuus
- keveys
- lyhyt valmistusaika
- alhaiset tuotantokustannukset. [3]

Muoteissa erityisen tärkeää on hyvä lämmönjohtavuus nopeiden lämmitysten ja jäähtytysten aikaansaamiseksi. Matala ominaislämpökapasiteetti ja muotin stabiilius ovat myös oleellisia asioita, jotta muotista voidaan tehdä mahdollisimman ohutseinäinen. Tuotannon sykliajat, energian kulutus ja valmistettavan tuotteen pintakerrosten sintraantuminen koostuvat näiden asioiden vaikutuksesta. [3]

Yleensä vesihöyry kondensoituu kylmiin ja hitaasti lämpeneviin pintoihin, eikä kyseisissä muotin osissa saavuteta sintraantumisen vaatimaa lämpötilaa. Tästä johtuen muottien valmistuksessa käytetään erityisesti korkean lämmönjohtavuuden omaavia materiaaleja. [3]

Muottien sisäpintojen tulisi olla mahdollisimman sileitä. Huono pinnanlaatu muotin seinämissä aiheuttaa usein jälkiä valmistettaviin tuotteisiin ja hankaloittaa tuotteen irroitusta. Muotteihin tulisi aina suunnitella päästöä noin 2°. Suunnittelussa tulisi välttää rasitukselle alttiita muotoja ja teräviä nurkkia. [3]

Muottien kaikissa nurkissa tulisi olla säteeltään vähintään 3 mm:n pyöristykset paremman irtoamisen ja tehokkaamman täytön vuoksi. Viivamaiset höyrysuuttimet tulisi asentaa siten, että suuttimien aukot ovat yhdensuuntaiset tuotteen poistosuuntaan nähden. Tietyissä erikoistapauksissa suuttimien aukot voidaan kuitenkin asettaa kohtisuorasti poistosuuntaan nähden, tällöin saadaan

tuote pysymään paremmin halutulla muottipuoliskolla irroitukseen saakka ja vältetään ennenaikaiset irtoamiset. [3]

3.2.1 Muoto-osat

Muottikammio muodostuu kun muotin koiras- ja naaraspuoliskot liitetään yhteen. Muottikammio on tarkka kopio valmistettavasta tuotteesta, mutta materiaalin kutistumasta johtuen muottiinpaisutusmuoteilla käytetään kutistumakerrointa, joka määritellään materiaalikohtaisesti. Muoteista voidaan valmistaa myös monikammio muotteja, jolloin yhdestä muotista saadaan useampia tuotteita yhdellä tuotantosyklillä. Tällöin muottikammiot täytetään erillisillä täyttöpistooleilla, mutta höyrytetään yhdessä. [3]

3.2.2 Höyrysuuttimet

Höyrysuuttimella on muitakin tehtäviä kuin ainoastaan päästää höyry muottiin höyrytys- ja lämmitysjaksojen aikana. Täytettäessä muottia muotissa oleva ilma työntyy höyrysuuttimien kautta pois raaka-aineen tieltä. Myös stabilointi- ja irroituspaine kulkevat muottiin höyrysuuttimien kautta. [3]

Höyrysuuttimet (Kuva 4) ovat halkaisijaltaan muutamasta millistä muutamiin kymmeneen milleihin. Suuttimet ovat täynnä pieniä, millin kymmenesosa halkaisijaltaan olevia reikiä tai uria, joiden kautta ilma, höyry ja vesi kulkevat. Höyrysuuttimet ovat aina auki ja tästä tekijästä aiheutuu tuotteisiin tulevat tunnusomaiset höyrysuuttimen jäljet. Muottia täytettäessä on äärimmäisen tärkeää, että muotissa oleva ilma pääsee virtaamaan mahdollisimman nopeasti ja tasaisesti pois raaka-ainehelmien tieltä. Tämän vuoksi suuttimien oikeaoppinen sijoittaminen muottiseinämiin on erittäin tärkeää. [3]



Kuva 4. Hyörysuuttimia.

3.2.3 Täyttöpistoolit

Täyttöpistoolien, eli materiaalisuuttimien avulla raaka-ainehelmet ruiskutetaan muottiin. Täyttöpistoolit kiinnitetään muotin takaseinään siten, että pistoolin kärki on muotin sisäpinnan kanssa samalla tasolla. Pistoolin kärki muodostuu suuttimesta ja sulkumännästä. Muottia täytettäessä avataan paineohjattu sulkumäntä ja raaka-ainehelmet puhalletaan suuttimen läpi muottiin. Muotin tultua täyteen pistoolin sulkumäntä sulkeutuu ja muodostaa näin eheän muottiseinän. Yleensä raaka-aine ruiskutetaan muottiin vain toiselta puolelta, jonka takia pistoolien sijoittaminen on ratkaisevassa osassa muotin täydellisen täyttymisen kannalta. [3]

Kuvassa 5 on esitetty täyttöpistooli ja kiinnitysholkki. Pistooli kiinnitetään muotin takaseinään erillisen holkin avulla. Kiinteää kiinnitystä ei voida tehdä, koska täyttöpistooleita vaihdetaan muotista toiseen ja pistoolien kiinnityssyvyys vaihtelee muotista riippuen. Pistoolin toisessa päässä on kolme liittintä. Kyljessä olevista liittimistä toiseen tulee avaus-/syöttöpaine, joka avaa männän ja ruiskuttaa raaka-aineen muottiin. Toiseen tulee raaka-aineletku, josta raaka-

aine syötetään muottiin. Perällä olevaan liittimeen tulee pistoolin sulkupaine, joka sulkee sulkumännän ja katkaisee raaka-ainehelmien syötön.

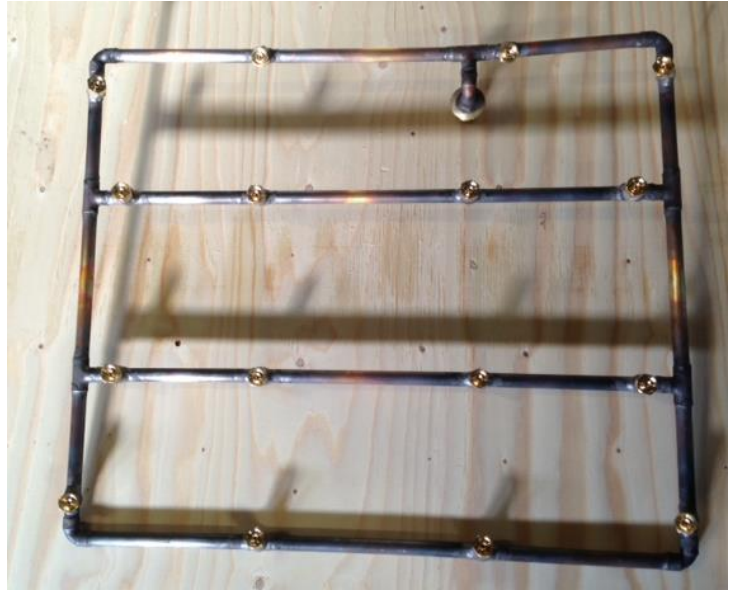


Kuva 5. Täyttöpistooli.

3.2.4 Jäähdytysharava

Valmistettavat tuotteet tulee jäähdyttää ennen kuin ne voidaan irroittaa muotista. Tuotteita tulisi pystyä jäähdyttämään mahdollisimman tasaisesti koko muotin alueella. Muotin hyvällä tuuletuksella edistetään veden haihtumista, mikä poistaa kosteutta tuotteesta ja lisää jäähdytysnopeutta. Jäähdytysharavan tehtävänä on jäähdyttää muotti, jotta tuote saataisiin poistettua muotista ehjänä ja mahdollisimman nopeasti. [3]

Jäähdytysharavan (Kuva 6) sijainti määräytyy koneen mukaan. Osassa muotopuristusautomaateista jäähdytysharava on koneeseen kiinteästi asennettuna ja osassa harava asennetaan kiinteästi itse muottiin. [7]



Kuva 6. Vesisuutin ja jäähdytysharava.

3.2.5 Ulostyöntötangot

Ulostyöntötankoja (Kuva 7) käytetään irrottamaan kappale muotista. Ulostyöntäjät liikkuvat koneen perälevyn välityksellä. Koneen perälevy liikkuu johteita pitkin samaa tahtia liikkuvan muottipuoliskon kanssa. Muotin auetessa perälevy liikkuu lähemmäs muotin kiinteää puoliskoa, jolloin se osuu työntötankojen päihin ja työntää näiden välityksellä tuotteen pois muotista. Työntötangot koostuvat kolmesta osasta: työntölevystä, varresta ja palautusjousesta. Varren pituus määrittää työntötangon maksimi liikeradan ja paksuudella varmistetaan työntötangon kestävyys työntövoimien alaisena. [3]



Kuva 7. Ulostyöntötanko.

Työntölevyn (Kuva 8) koko määrää, kuinka suurella voimalla tuotetta voidaan kuormittaa ilman, että tuote hajoaa työntökohdasta. Liian suuren työntölevyn haittana on, että kyseiseen kohtaan ei saada asennettua höyrysuuttimia ja näin suuttimien sallimat virtaukset eivät ole mahdollisia. Suurta työntöpinta-alaa tarvittaessa on kuitenkin mahdollista käyttää erikoistyyntölevyjä, joissa on suuttimia itsessään. Palautusjousen voimalla ei ole suurta merkitystä työntötankojen toimivuuden kannalta. Jousen tehtävänä on vetää työntötanko takaisin muottipinnan tasalle kuormituksen loputtua. Ulostyöntötangot ovat muottikohtaisia, koska ne täytyy sovittaa haluttuun ulostyöntöpituuteen ja muotin aukeamaan sopiviksi. [3]



Kuva 8. Työntölevyjä.

3.2.6 Tukitapit- ja levyt

Tukitapit ja -levyt tukevat muottipuoliskoja niin, etteivät ne taivu prosessivoimien vaikutuksesta. Tukitappeja (Kuva 9) käytetään yleisesti kaikissa muottityypeissä, mutta niiden määrä vaihtelee muotin koon, muottityypin sekä koneen asettamien vaatimusten mukaisesti. Tukilevyjä käytetään tukitappien lisäksi vain koneissa, joissa muotin asennuksessa käytetään asennuskehikkoa. [7]

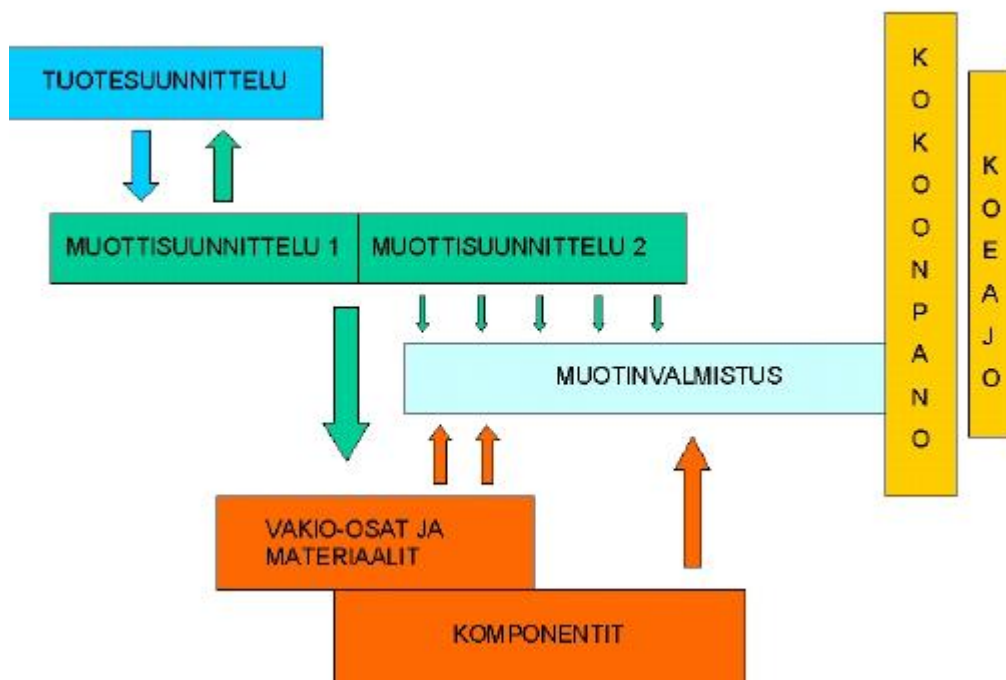


Kuva 9. Tukitappi.

4 SUUNNITTELU

Muottisuunnittelun lähtökohtana käytetään lähes poikkeuksetta lopputuotteen 3D-mallia. Mittatiedot ja mahdolliset toleranssit ilmoitetaan mallia täydentävässä piirustuksessa. Muottipiirustuksia tehtäessä tuotemallin geometriaa muokataan käytettävän raaka-aineen sekä muottikonstruktion vaatimalla tavalla. [5]

4.1 Yleistä suunnittelusta



Kuva 10. Muottiprojektin vaiheet. [5]

Muotin sulkupintojen luomisen sekä monipesäisissä muoteissa pesäjaon määrittämisen jälkeen malli tarkistetaan ja hyväksytetään tuotesuunnittelijalla. Mikäli tuotesuunnittelija ja muottisuunnittelija käyttävät samaa CAD-järjestelmää, voidaan muottisuunnittelijalle lähettää alkuperäinen, usein piirre pohjainen tilavuusmalli. Tuotemalliin tulevat muutokset voidaan tällöin

tehdä mallin piirrehistoriaa muokkaamalla. Tämä nopeuttaa muottisuunnittelijan työtä merkittävästi ja muutettu malli voidaan myös lähettää takaisin tuotesuunnittelijalle. [5]

Jos tuotemalli joudutaan siirtämään muottisuunnittelijan CAD/CAM-järjestelmään kääntämällä alkuperäinen malli standardiformaatin kautta, ei alkuperäisen mallin piirrehistoria ole enää käytettävissä. Muutokset joudutaan tekemään luomalla geometrisiä elementtejä, pintoja ja käyriä uudelleen. Mikäli tuotemalliin tehdään muutoksia muottisuunnittelun tai -valmistuksen aikana, joudutaan työläs pintamallinnusvaihe tekemään kokonaan uudestaan. Muokattua mallia ei voida siirtää takaisin tuotesuunnittelujärjestelmään, sillä käännöksessä mallin piirrehistoria katoaa. Tällaista mallia ei voida käyttää pohjana esimerkiksi tulevista versioista suunnittelussa. [5]

Muotin valmistuksella on suuri rooli lopputuotteen menestymisen kannalta, koska muotin laatu vaikuttaa suoraan lopputuotteen laatuun. Muotinvalmistusta mitataan yleisesti toimitusajan, toimintavarmuuden, hinnan ja laadun mukaan. Toimitusaika kuvaa muotinvalmistajan kykyä valmistaa muotti nopeasti. Projektikohtaiseen toimitusaikaan vaikuttavat muotin vaativuus, sen hetkinen kapasiteettitilanne sekä tarvittavien komponenttien tai alihankintatöiden toimitusajat. Toimitusvarmuudella tarkoitetaan muottiprojektille sovitun toimitusajan pitävyyttä. Toimintavarmuutta tarkasteltaessa on mahdollisten mallimuutosten vaikutus alkuperäiseen aikatauluun otettava huomioon. [5]

Yleisin muotin valmistukseen käytetty mittari on muotin hinta. Hinta ei kuitenkaan kerro koko totuutta muotin edullisuudesta. Pieniä sarjoja ajettaessa muotin kustannukset korostuvat, mutta sarjakoossa kasvaessa kustannusten vaikutus vähenee. Suuria sarjoja ajettaessa tuotantokustannukset nousevat merkittävään asemaan. Muotin laatua arvioitaessa pitäisi arvioinnin koostua valmistuskriteereiden lisäksi muotin toimivuudesta tuotannossa, jolloin saataisiin laajempi näkemys muotin todellisesta laadusta. [5]

4.2 Muottisuunnittelu

Muotit tulisi valmistaa materiaalista, joka kestää erityisesti vettä ja vesihöyryä sekä omaa hyvän lämmönjohtavuuden. Materiaalin tulee olla kiillotettavissa tai päällystettävissä irrotusta helpottavalla pinnoitteella. Materiaalin ominaisuuksiin kuuluu myös mittatarkkuuden säilyttäminen. [3]

Valmistettavan muotin koiras- ja naaraspuoliskot muodostavat kiinni ollessaan valmistettavan lopputuotteen muodot. Solumuovituotteita valmistettaessa muotin seinämiä lämmitetään ja jäähdytetään jatkuvasti. Nopeamman lämmityksen ja jäähdytyksen saavuttamiseksi muotin seinämistä tulisi tehdä mahdollisimman ohuita. Höyrykammioiden tulee olla liitettävissä muottipuoliskoihin tiiviisti, ja omata samansuuruinen lämpölaajenemiskerroin kuin muotilla. Niiden tulee säilyttää mittatarkkuutensa prosessisykliä aikana vaikuttavien paineiden alaisena. Täyttöpistooleiden tulee taata muotin mahdollisimman tehokas täytyminen sekä esteettisesti korkealaatuinen tuote. Muottien elinikä tulee olla 100 000 – 500 000 tuotantocykliä, näihin tuotantomääriin päästään yleensä vain metallimuotteja käyttämällä. [3]

4.3 CAM-ohjelmointi

CAM-ohjelmointi tarkoittaa NC-ohjelmien luomista tuotemallin geometrian perusteella. Geometrinen malli työkappaleesta voi olla osittainen tai täydellinen, mutta sen tulee sisältää valmistettavat piirteet määrittävät geometriset elementit. Täydellisestä mallista voidaan valita tarvittavat piirteet, joiden perusteella ohjelma laskee käyttäjän määrittelemälle työkalulle tarvittavat liikkeet ja kirjoittaa koordinaattitiedot niiden päätepisteistä. [6]

CAM-ohjelmat laskevat työstöradat ja kirjoittavat niistä tiedoston, joka sisältää mm:

- liikkeiden koordinaatit
- karakomennot
- työstöarvot

- työkalujen vaihtokutsut
- ohjelman alkamisen ja loppumisen merkit. [6]

Kirjoitettua tiedostoa ei voida sellaisenaan suorittaa millään työstökoneella. Eri työstökoneet ja niiden ohjaukset edellyttävät erilaisia NC-ohjelmien formaatteja, tästä johtuen neutraalimuodossa oleva tiedosto täytyy postprosessoida.[6]

Postprosessori lukee CAM-ohjelman tuottamaa neutraalimuotoista tiedostoa kirjoittaen kunkin rivin sisällön määrittämistiedossa määrättyssä muodossa NC-ohjelmatiedostoon. Koneiden tarvitsemat erilaiset formaatit saadaan aikaan käyttämällä erilaisia määrittämistiedostoja. Määrittämistiedot ja postprosessori ovat CAM-ohjelmakohtaisia. Postprosessorin muokkaaminen edellyttää sekä työstökoneiden ohjauksen, että CAM-ohjelman vankkaa tuntemusta. NC-ohjelmatiedoston lisäksi työstökoneen käyttäjä tarvitsee myös asetustiedot työkappaleen paikoittamiseksi, sekä ohjelmassa käytettävien työkalujen asettamiseksi. Nämä tiedot annetaan koneistajalla yleensä kappaleen piirustuksen mukaan. [6]

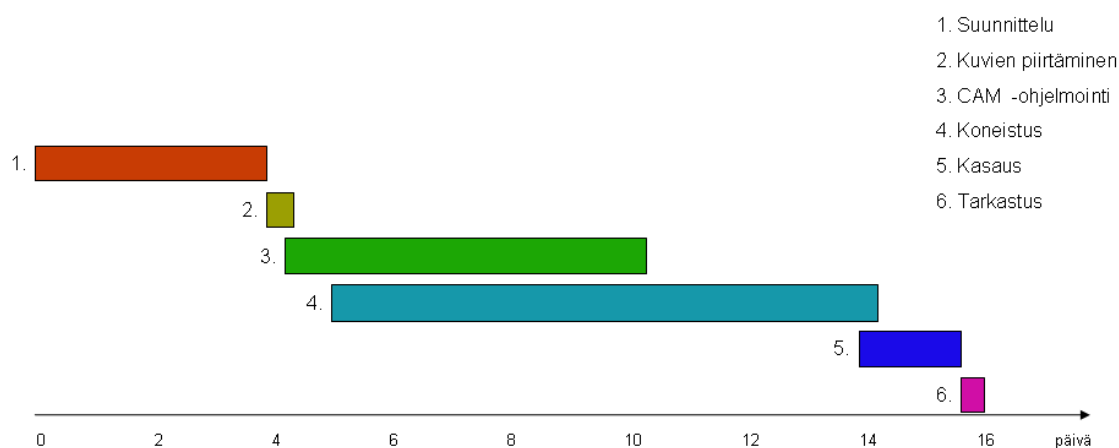
5 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

Tämän opinnäytetyön käytännön osuus koostui muotin suunnittelusta sekä valmistuksesta. Samalla piti kehittää jo olemassa olevaa muotinvalmistusprosessia kustannustehokkaampaan suuntaan. Yhtenä isoimmista epäkohdista oli käytettävä aika eri työvaiheissa, erityisesti koneistuksessa. Kustannustehokkuudella tarkoitetaan tässä työssä työvaiheissa käytettävän ajan optimointia. Kuvassa 11 on esitettyä suuntaa-antava muottiprosessin aikajakauma.

Muottisuunnittelussa lähdettiin liikkeelle siitä, kun asiakkaalta vastaanotetaan tilaus ja 3D-kuva lopputuotteesta. Varsinainen muottisuunnittelu lähti liikkeelle lopputuotteen skaalauksesta oikeaan mittasuhteeseen. Seuraavaksi valmisteltiin sähköinen kokoonpanokuva muotin peruslevyistä tuotantokoneen höyrykammiopiirustusten mukaan.

Tämän jälkeen suunniteltiin muoto-osat muottiin ja määriteltiin jakopinta. Seuraavassa vaiheessa toteutettiin loppukokoonpano, jossa liitettiin muoto-osat peruslevyjen kokoonpanoon, sekä lisättiin tukitapit. Suunnittelun viimeisessä työvaiheessa valmistettiin piirustukset koneistettavista osista.

Suunnittelun jälkeen luotiin työstöradat, eli CAM-ohjelmat piirustusten mukaisesti. Muotin osat koneistettiin, muotti kasattiin ja valmistettiin jäähdytysharava. Tämän jälkeen muotti tarkastettiin ja lähetettiin valmiina asiakkaalle.

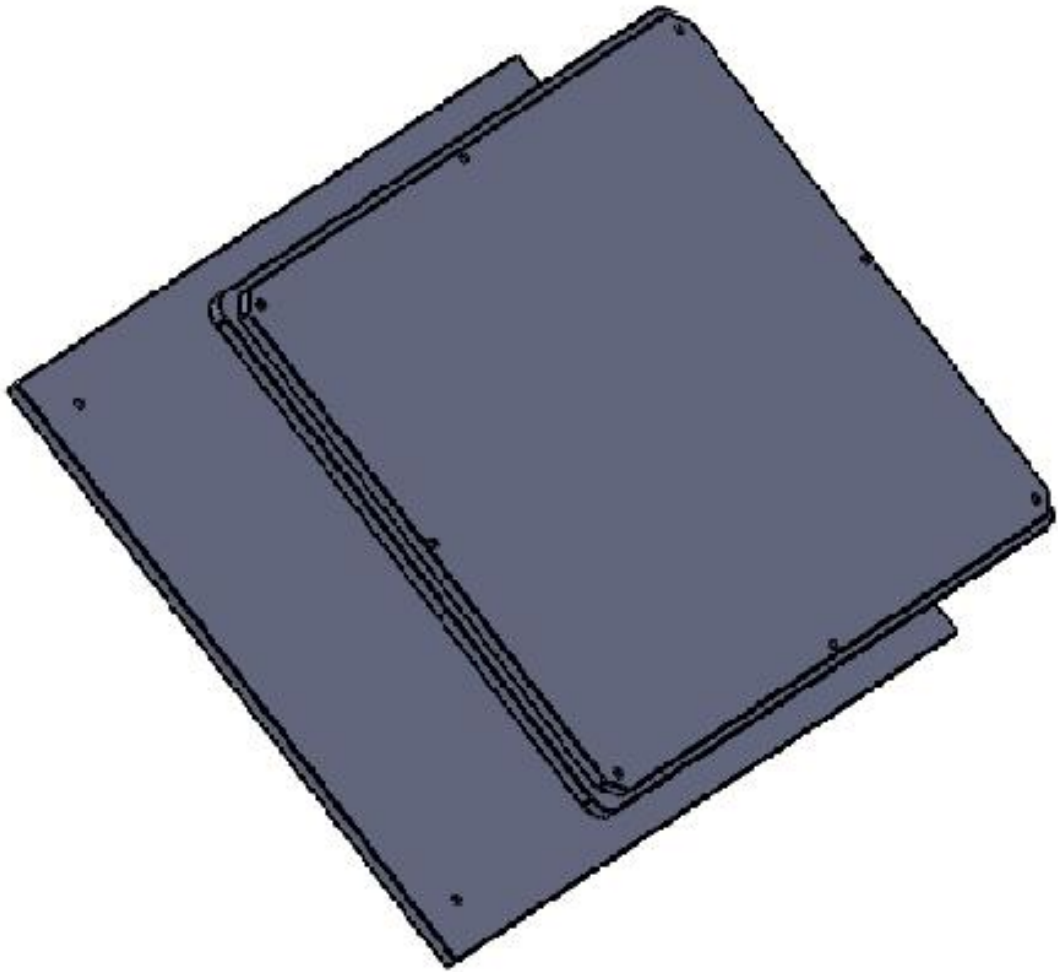


Kuva 11. Muottiprosessissa käytettävä suuntaa-antava aikajakauma.

5.1 3D-mallin mukainen suunnittelu

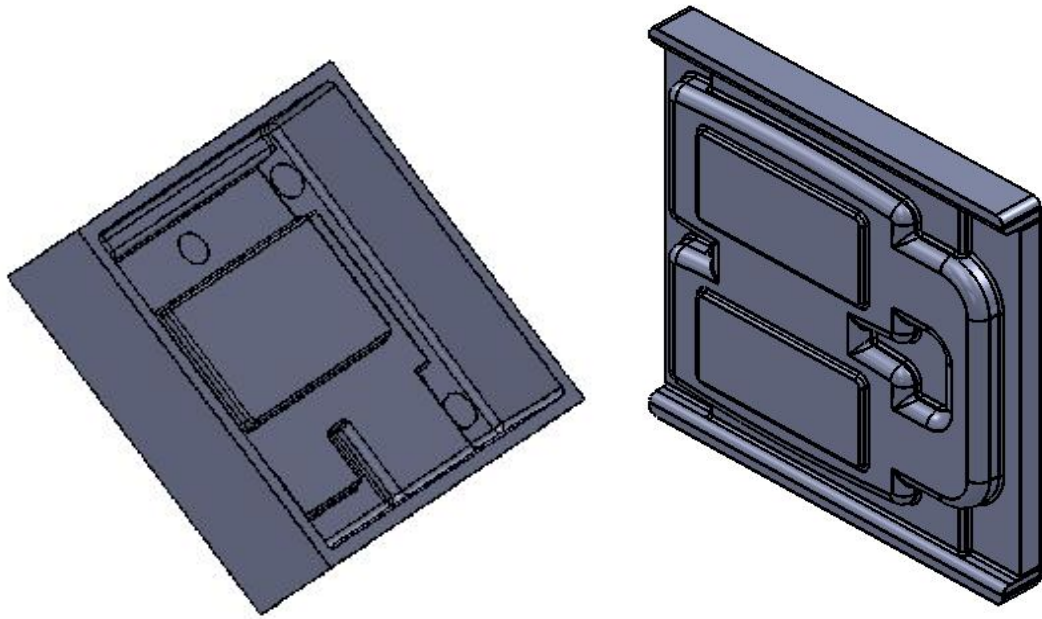
3D-mallin mukainen suunnittelu alkaa siitä, kun asiakas tekee tilauksen jostain tietystä muotista. Tilauksesta käy ilmi lopputuotteessa käytettävä raaka-aine, raaka-aineen kutistuma, tuotantokoneen tyyppi, täyttöpistoolien ja ulostyöntötankojen määrä, muottikammioiden lukumäärä sekä sähköinen 3D-kuva lopputuotteesta.

Materiaalin kutistumasta johtuen muotissa tulee ottaa materiaalin mittamuutokset huomioon. Muottiinpaisutusmuoteilla käytetään yleisesti tiettyä kutistumakerrointa, joka määritellään jokaisen materiaalin kohdalla erikseen. Opinnäytetyön lopputuotteen materiaali oli EPP, jonka kutistumakerroin oli 2,9 %. Muotin muoto-osien tuli siis olla 2,9 % suuremmat kuin lopullinen asiakkaan oma tuote. Peruslevyt suunniteltiin tuotantokoneen höyrykammiopiirustuksen mukaisesti. Peruslevyistä oli jo valmiiksi tehty toimeksiantajan toimesta tuotantokoneen höyrykammiopiirustusten (liite 1) perusteella valmistetut 3D-kuvat. Näissä kuvissa olivat valmiina tuotantokoneen vaatimat kiinnitysreiät sekä viisteet. Peruslevyjen paksuudet muutettiin tilauksen mukaisiksi. Peruslevyistä tehtiin kokoonpanokuva (Kuva 12).



Kuva 12. Peruslevyjen kokoonpano.

Peruslevyjen suunnittelun jälkeen seuraavassa työvaiheessa valmistettiin muoto-osat lopputuotteen CAD -mallista. Tämä työvaihe oli koko opinnäytetyön haastavin osa. Lopputuotteen raaka-aine määrätti muoto-osissa käytetyn seinämänpaksuuden. EPP -muottien muoto-osien seinämien paksuus vaihtelee 10–12mm välillä. Lopputuotteen mataluuden vuoksi seinämien paksuudeksi määriteltiin 10 mm. Valmistettavassa muotissa oli kaksi muottikammiota, eli muottiin tarvittiin neljä kuorimallia, kaksi koirasta, sekä kaksi naarasta (Kuva 13). Jakosauman tyyppiä valittiin liukusauma, jolloin muotin rakenteella pystyttiin vaikuttamaan lopputuotteen kutistumaan sekä tiheyteen. [7]

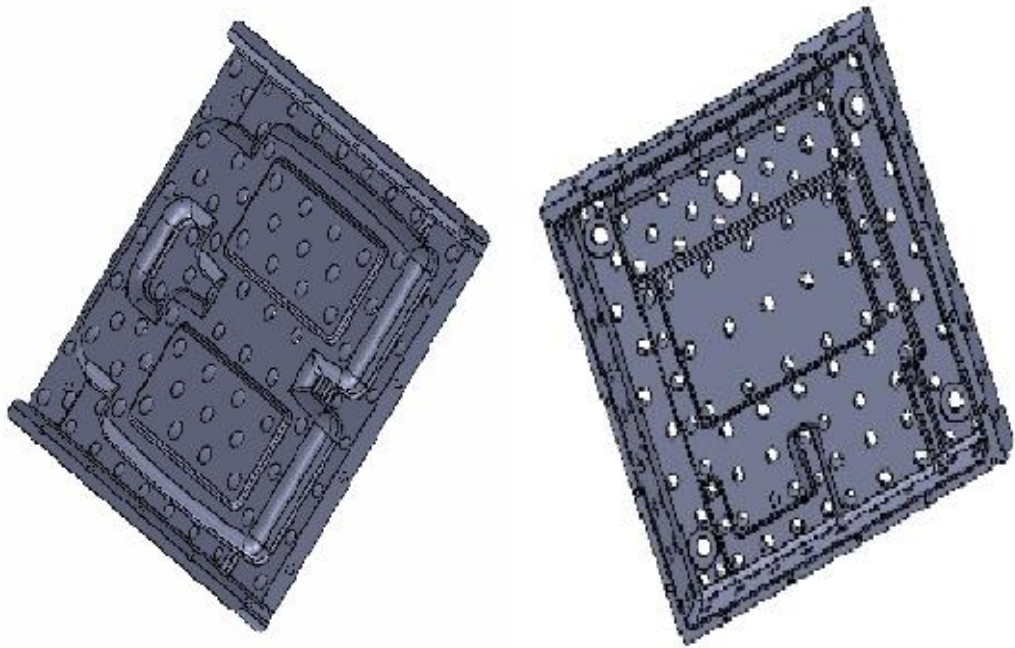


Kuva 13. Kuorimallit.

Muoto-osien muodostamisen jälkeen, täytyi suunnitella koiraspuoliskoon riittävä suutitus ja tuenta. Tämän jälkeen tehtiin kiinnitys muotin liikkuvan puolen peruslevyyn. Naaraspuoliskoon tuli vielä näiden lisäksi suunnitella täyttöpistoolien ja ulostyöntötankojen sijoituspaikat.

Suutituksen suunnittelussa tuli muotin nurkkakohtiin kiinnittää erityistä huomiota. Nurkkien täydellisen täyttymisen turvaamiseksi höyrysuuttimet tuli sijoittaa mahdollisimman lähelle nurkkakohtia. Muotin valmistuksen kannalta oli olennaista, että nurkkien suutitus ei aiheuttanut kuorimalleissa muodonmuutoksia. Suuttimet eivät saaneet sijaita liian lähellä muotin reunakohtia. Tasaisilla alueilla käytettiin suuttimien keskipisteiden välimatkana noin 30 mm. [7]

Täyttöpistooli sijoitettiin muottikammion yläreunaan mahdollisimman tasaisen täytön mahdollistamiseksi. Ulostyöntötangot sijoitettiin muotin kulmiin, jotta lopputuote irtoaa muotista mahdollisimman hyvin. Sekä täyttöpistoolit että ulostyöntötangot sijaitsivat muotin naaraspuoliskossa. Kuvassa 14 on esitettyinä koiras- ja naaraspuoliskojen 3D-kuvat. [7]

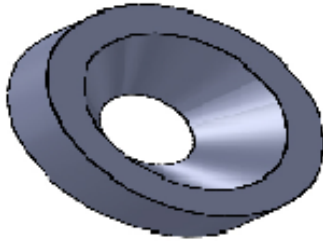


Kuva 14. Koiras- ja naaraspuoliskot.

Muoto-osien suunnittelun valmistumistuttua ne liitettiin peruslevyihin. Peruslevyihin tehtiin tarvittavat aukotukset sekä kiinnitysreiät muoto-osia varten. Kokoonpanoon lisättiin tukitapit. Tukitapit oli tehty ennen pyöreästä 20 mm halkaisijaltaan olevasta tangosta. Tässä opinnäytetyössä tukitapit tehtiin 27 mm halkaisijaltaan olevasta kuusiotangosta, jolloin tarvittava tukitappien lukumäärä oli pienempi. Näin saatiin vastaava tukipinta-ala, vaikka käytettiin lukumäärällisesti vähemmän tukitappeja.

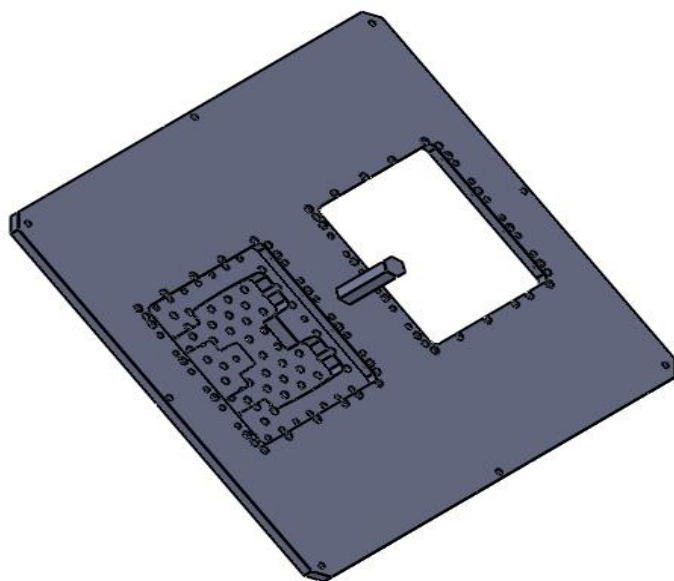
Muotin liikkuvan puolen (Kuva 16) tuenta määräytyi tuotantokoneen höyrykammiopiirustuksessa olevien tukipintojen perusteella. Liikkuvaan puoliskoon laitettiin vain yksi tukitappi, koska laskelmien perusteella sillä saavutettiin riittävä tuenta. Kiinteään puoliskoon (Kuva 17) laskettiin muoto-osien kohdalle riittävän kaksi tukitappia muottikammiota kohden. Lisäksi levyt tuettiin keskenään reunoilta noin 120 mm:n välein. [7]

Olennainen muutos muotin suunnitteluprosessissa olivat aluslaatat (Kuva 15), jotka tulevat liikkuvan ja kiinteän puoliskon väliin. Laattojen tehtävänä oli estää liikkuvaa puolta painautumasta liian syväälle kiinteään puoliskoon.

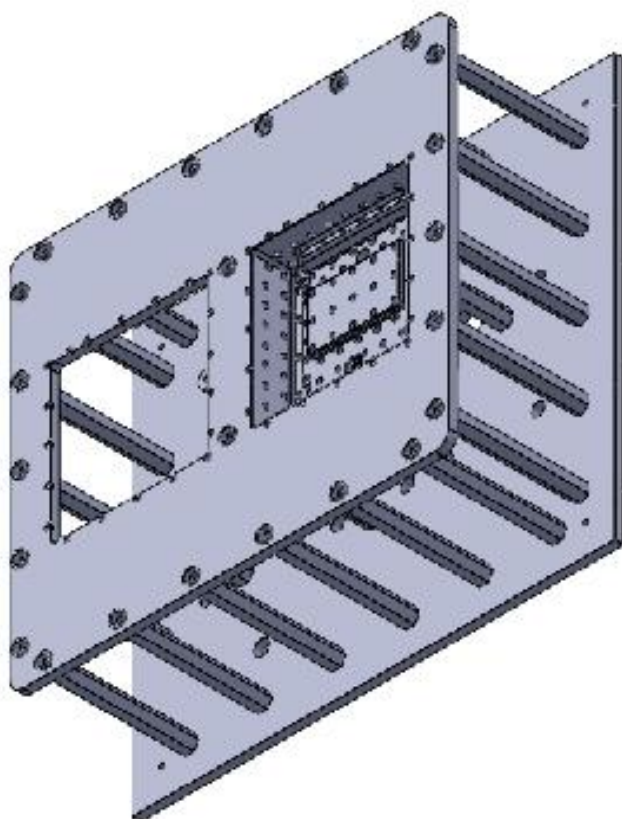


Kuva 15. Aluslaatta.

Lisäksi peruslevyt olivat ennen valmistettu kuumavalssatusta 5754 alumiinilevystä, jonka paksuustoleranssi 15mm paksulle materiaalille on ± 0.50 mm. Tässä opinnäytetyössä peruslevyt tehtiin esikoneistetusta 5083 Plancast Plus -alumiinilevystä, jonka paksuustoleranssi on $-0/+0.1$ mm. Esikoneistetun 5083 Plancast Plus -alumiinilevyn muita ominaisuuksia ovat erittäin pienet muodonmuutokset sisäisten jännitysten puuttumisen takia sekä erinomainen koneistettavuus verrattuna valssattuun materiaaliin. Alumiinilevyjen vaihdolla saavutettiin huomattavasti parempi mittatarkkuus muotille ja samalla peruslevyjen valmistus helpottui paremman koneistettavuuden ansiosta.



Kuva 16. Muotin liikkuva puolisko.



Kuva 17. Muotin kiinteä puolisko.

Suunnittelun viimeisessä vaiheessa kaikista muotin osista tehtiin omat piirustukset. Erityistä huomiota kiinnitettiin käytettävien mitoitusten toleroinnissa. Tämä varmisti aikaisempaa paremman mittatarkkuuden valmistettavassa muotissa.

5.2 CAM-ohjelmointi

Suunnittelun valmistuttua seuraava työvaihe oli työstöratojen luominen eli CAM-ohjelmointi. Tässä työvaiheessa keskityttiin eniten siihen, miten pystyttiin valmistamaan muotteja kustannustehokkaammin. Koska muotit sisältävät paljon höyrystyviä, tässä opinnäytetyössä pyrittiin ratkaisemaan, millä keinoin suuttimien reiät pystyisi tekemään kustannustehokkaammalla tavalla. Aiemmissa muoteissa oli porattu yhteen höyrystyvä reikä ensin alkureikä ja sen jälkeen kahdella eri poralla, mahdollisimman tarkan reiän aikaansaamiseksi. Tässä vaiheessa lähdettiin selvittämään, millä tavalla pystyttäisiin poraamaan suoraan yhdellä terällä yhtä tarkka suuttimen reikä kuin aiemmin. Poraamista testattiin 3-leikkuisella poranterällä, jolla pystyttiin käyttämään suurempia lastuamisarvoja. Testeissä havaittiin, että tällä tavalla rei'istä tuli kuitenkin liian väljiä, eivätkä suuttimet pysyneet paikoillaan. Ratkaisu löydettiin erikoisvalmisteisesta 0,03mm suuttimenhalkaisijaa pienemmästä läpikarajäähdytteisestä kovametalliporasta. Löydetyt ratkaisun ansiosta suuttimien reiät valmistuivat yli 500 % nopeammin. (Liite 2)

Muottiin jyrstävä kierrätyslogo oli ennen koneistettu 1,5mm tappijyrstämällä, jonka jälkeen kulmat olivat jäännöskoneistettu 1mm tappijyrstämällä. Tämä työvaihe oli vienyt huomattavan määrän aikaa, joten tähänkin lähdettiin etsimään kustannustehokkaampaa ratkaisua. Ratkaisuksi löydettiin tekstinkirjoittamiseen tarkoitettu piikinomainen kirjoitusterä. Löydetyt ratkaisun avulla aikaa käytettiin logon jyrstämiseen n. 350 % vähemmän, kuin aiemmin. (Liite 3)

Löydettyjen muutosten vaikutus muotin muoto-osien koneistamisajassa korostuu erityisesti monipesäisissä muoteissa.

5.3 Muotin kasaus ja tarkistus

Ohjelmien teon jälkeen osat koneistettiin, koneistuksissa ei ilmennyt huomionarvoisia ongelmia. Koneistettuihin muoto-osiiin lisättiin suuttimet ja kiinteän puolen takimmaiseen peruslevyyn kiinnitettiin työntötkojen läpiviennit sekä täyttöpistooleiden kiinnityspultit. Muoto-osat kiinnitettiin peruslevyihin, liikkuvat ja kiinteät muottipuoliskot sovitettiin keskenään sekä suunniteltiin jäähdytysharava. Jäähdytysharava hitsattiin 15mm halkaisijaltaan olevasta kupariputkesta ja siihen lisättiin vesisuuttimet. Jäähdytysharava sekä tukitapit kiinnitettiin kiinteän puolen peruslevyihin.

Valmiiksi kasatusta muotista tarkastettiin peruslevyjen mitat, muoto-osien päämitat, täyttöpistoolien sijoitukset, työntötkojen sijoitukset sekä logojen oikeellisuus. Muotti todettiin asiakkaan vaatimusten mukaiseksi, siihen lisättiin muotin nimike ja numero. Valmis muotti toimitettiin asiakkaalle.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa muottiinpaisutusmuotti solumuoviteollisuuteen. Toisena tavoitteena oli kehittää suunnittelu- ja tuotantoprosessia. Työssä päästiin mielestäni hyvin kaikkiin vaatimusten mukaisiin tavoitteisiin, sillä tällä hetkellä kehittämäni muotti on käytössä asiakkaalla ja prosesseihin kehitetyt parannukset on otettu käyttöön. Muutamia parannuksia tehtiin työn valmistuttua. Näistä hyvänä esimerkkinä toimii tukitappien ja niihin liittyvien aluslaattojen sijoittaminen kauemmaksi muotin reunoista.

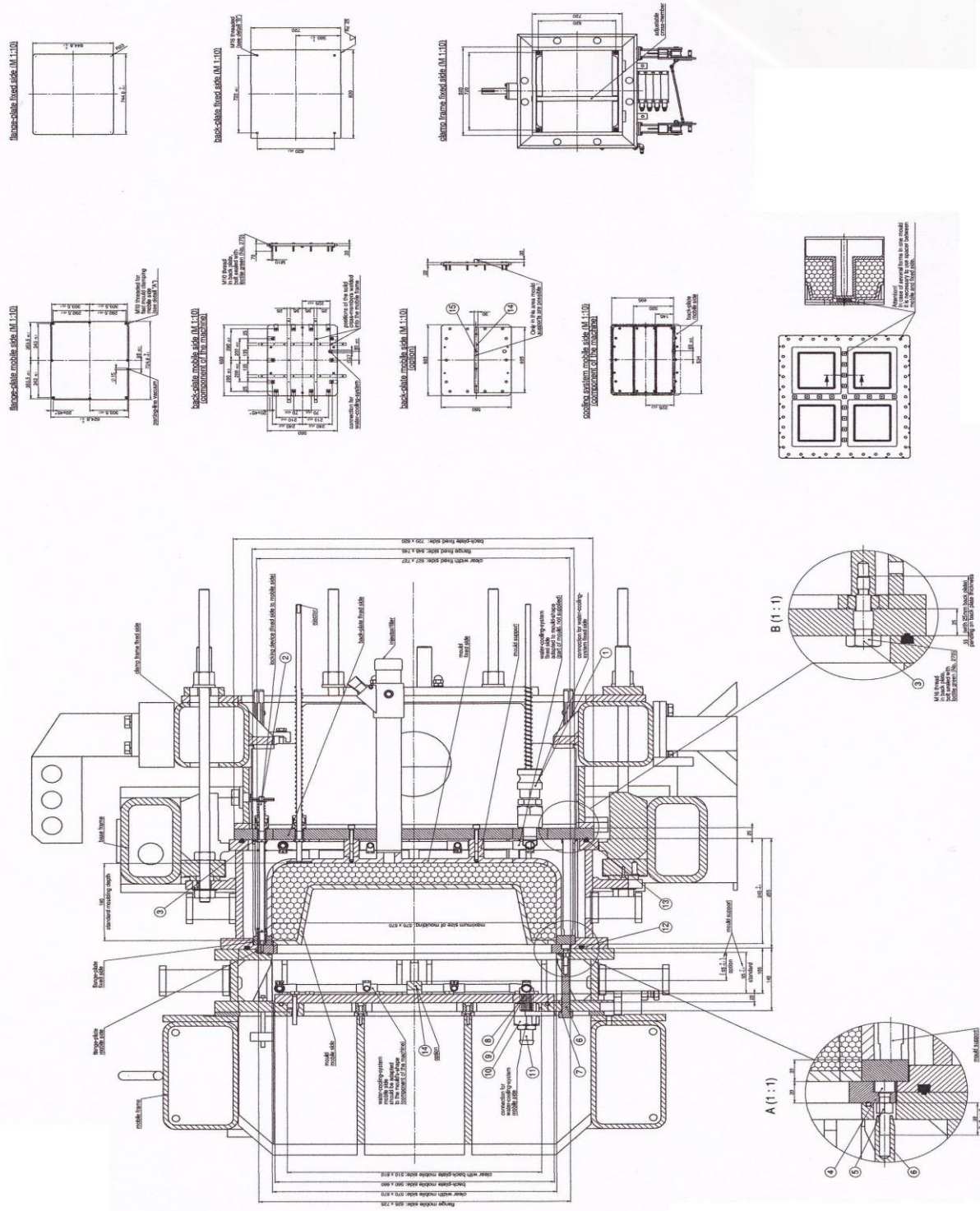
Itse työ ja työn aihe olivat hyvin mielenkiintoisia ja antoisia, sillä työn aikana on saanut oppia paljon uusia asioista monelta eri tuotannon ja työkohteen saralta. Työn laajuus oli mielestäni tarpeeksi laaja. Haastavan työstä teki monen muun asian ohella se, että minulla ei ollut ollenkaan aiempaa kokemusta solumuoviteollisuudesta. Työn suurimmaksi hyödyksi luen tutustumisen muottisuunnitteluprojekteihin.

Faktatietojen kerääminen aiheesta oli välillä hyvinkin haastavaa kirjallisten aineistojen vähäisyyden vuoksi. Mielestäni työ oli kuitenkin hyödyllinen ja lopputulos asetettujen tavoitteiden mukainen.

LÄHTEET

1. [www-dokumentti]
Pohjoismainen Solumuovi Oy 2013, Tuotteet, viitattu 18.4.2013
<http://www.solumuovi.com/?q=tuotteet>
2. Chanda, M. & Roy, S. 1997, *Plastics technology handbook* 3rd ed. rev. and expanded. New York: Marcel Dekker.
3. Heck, F. 1983, *Mold-making handbook for the plastics engineer* ed. Stoeckhert, K. New York: Hanser publishers. s. 171 – 189.
4. Dubois, H. Pribble, W. 1995, *Plastics Mold Engineering Handbook*, 5th Edition. Champman & Hall.
5. Kollanus, J. Sivola, K. Pirttiniemi, J. Aaltonen, K. TKK-KPT-4/01 Espoo 2001, *MuotINVALMISTUKSEN IDEEAALIPROSESSI*.
6. Kollanus, J. TKK-KPT-3/03 Espoo 2003, *Nykyaikaisen muottisuunnittelun- ja valmistusympäristön kehittäminen*.
7. Toivonen, I. Pohjoismainen Solumuovi Oy:n tuotesuunnittelija, henkilökohtainen tiedonanto 2013.

Liite 1. Höyrykammiopiirustus.



Liite 2. Höyrystuuttimien reikien poraus.

OPERAATIOT											
Päiväys:											
Aika:											
Tiedosto: Suuttimien reiät											
Työkalu numero	Operaatio	Tunkeuma nopeus	Syöttö nopeus	Kara nopeus	Min X	Maks X	Min Y	Maks Y	Min Z	Maks Z	Koneistus aika
17	2aks reiän prosessointi	-	1000.00 mm/min	6000 Kier./min	-133.9198	136.0802	-290.2895	-20.2895	-15.5043	25.0000	0:2:52
Kaikkiaan					-133.9198	136.0802	-290.2895	-20.2895	-15.5043	25.0000	0:2:52

Höyrystuuttimien poraus uudella terällä, reikiä 100kpl.

OPERAATIOT											
Päiväys:											
Aika:											
Tiedosto: Suuttimien reiät vanhalla tavalla											
Työkalu numero	Operaatio	Tunkeuma nopeus	Syöttö nopeus	Kara nopeus	Min X	Maks X	Min Y	Maks Y	Min Z	Maks Z	Koneistus aika
14	2aks reiän prosessointi	-	400.00 mm/min	7800 Kier./min	-133.9198	136.0802	-290.2895	-20.2895	-2.0000	25.0000	0:1:56
21	2aks reiän prosessointi	-	650.00 mm/min	3000 Kier./min	-133.9198	136.0802	-290.2895	-20.2895	-15.3541	25.0000	0:3:53
22	2aks reiän prosessointi	-	180.00 mm/min	4000 Kier./min	-133.9198	136.0802	-290.2895	-20.2895	-15.5043	25.0000	0:11:8
Kaikkiaan					-133.9198	136.0802	-290.2895	-20.2895	-15.5043	25.0000	0:16:57

Höyrystuuttimien reikien poraus ennen, reikiä 100kpl.

Liite 3. Kierrätyslogon jyrsintä.

OPERAATIOT											
Päiväys:											
Aika:											
Tiedosto: Logon koneistus uudella terällä											
Työkalu numero	Operaatio	Tunkeuma nopeus	Syöttö nopeus	Kara nopeus	Min X	Maks X	Min Y	Maks Y	Min Z	Maks Z	Koneistusaika
20	Zaks profiili 2D	100.000	500.00 mm/min	7800 Kier./min	-16.5857	16.9147	-21.6742	22.3748	-1.0000	25.0000	0:1:59
Kaikkiaan					-16.5857	16.9147	-21.6742	22.3748	-1.0000	25.0000	0:1:59

Logojen koneistus uudella tekniikalla.

OPERAATIOT											
Päiväys:											
Aika:											
Tiedosto: Logon jyrsiminen vanhalla tekniikalla											
Työkalu numero	Operaatio	Tunkeuma nopeus	Syöttö nopeus	Kara nopeus	Min X	Maks X	Min Y	Maks Y	Min Z	Maks Z	Koneistusaika
16	3aks tasku	50.000	250.00 mm/min	9900 Kier./min	-13.4337	14.1455	-3.0433	17.5140	-1.0000	25.0000	0:3:16
15	3aks tasku	50.000	250.00 mm/min	9900 Kier./min	-11.0865	11.3071	-14.6980	7.8612	-1.0000	25.0000	0:4:21
Kaikkiaan					-13.4337	14.1455	-14.6980	17.5140	-1.0000	25.0000	0:7:38

Logojen koneistus vanhalla tekniikalla.