



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

Opinnäytetyö

**TEOLLISEN MUOTOILUN
VALMISTUMENETELMÄT**

Timo Nissinen

Muotoilu

2010

Koulutusohjelma: Muotoilu	
Tekijä(t): Timo Nissinen	
Työn nimi: Teollisen muotoilun valmistusmenetelmät	
Suuntautumisvaihtoehdon nimi: Teollinen muotoilu	Ohjaaja(t): Hannu Parkkamäki Markku Seppälä
Opinnäytetyön valmistumisajankohta: Kevät 2010	Sivumäärä: 52
<p>Teollinen vallankumous muutti tuotteiden valmistuksen 1700-luvun loppupuoliskolla. Tuotteita alettiin valmistaa eri menetelmin suurina sarjoina ja tarvittiin jatkuvasti uusia tehokkaampia toimintamenetelmiä, jotta tuotanto olisi mahdollisimman tehokasta. Uusien materiaalien käyttö ja niiden teollinen muokkaus vaati uusia valmistusmenetelmiä.</p> <p>Kunkin materiaalin kohdalla ihminen on koettanut näihin päiviin saakka kehittää mahdollisimman hyviä valmistusmenetelmiä. Laitteet, joilla materiaaleja pystytään muokkaamaan kehittyvät myös jatkuvasti. Teollinen muotoilija pystyy käyttämään hyvää tietouttaan materiaaleista suunnittelutyönsä apuna. Mitä paremmin hän hallitsee eri materiaalit, niin sitä helpompi hänen on suunnitella uusia tuotteita.</p> <p>Materiaalien tuntemuksen tapaan myös eri valmistusmenetelmien tunteminen helpottaa teollisen muotoilijan suunnittelu prosessia. Hyvällä valmistusmenetelmien tuntemuksella pystytään valitsemaan kullekin tuotteelle ja materiaalille paras mahdollinen valmistus tapa, joka lisää tuotannon tehokkuutta ja näin ollen vaikuttaa suoraan tuotantokustannuksiin. Myös tieto siitä, miten tietyt materiaalit saadaan muokattua parhaiten teollisen muotoilijan suunnittelemaan muotoon, saavutetaan hyvällä valmistusmenetelmien tuntemuksella.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus on esitellä teollisille muotoilijoille keskeisiä valmistusmenetelmiä ja näin antaa heille tukea ja tietotaitoa uusien tuotteiden suunnittelutyöhön. Olen jaotellut eri valmistusmenetelmät puuteollisuuden, metalliteollisuuden ja muoviteollisuuden valmistusmenetelmiin. Lisäksi esittelen omassa osiossaan materiaalien pintakäsittelyä ja niin sanottuja uuden ajan valmistusmenetelmiä, kuten stereolitografiaa ja sintrausta.</p> <p>Koska valmistusmenetelmien määrä nykypäiväisessä teollisessa tuotannossa on hyvin laaja, pyrin valitsemaan juuri teolliseen muotoiluun keskeisimmin liittyviä valmistusmenetelmiä. Laajan valikoiman vuoksi joudun myös rajaamaan kunkin valmistusmenetelmän kohdalla hyvin tarkkaan informaation määrän. Määrän tulee olla kuitenkin riittävän laaja, jotta kyseisestä informaatiosta olisi lukijalle hyötyä.</p>	
Hakusanat: Valmistusmenetelmät, teollinen muotoilu	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

Degree Programme: Design	
Author(s): Timo Nissinen	
Title: Manufacturing Processes for industrial designer	
Specialization line Industrial Design	Instructor(s): Hannu Parkkamäki Markku Seppälä
Date spring 2010	Total number of pages: 52
<p>This thesis is made for industrial designers to increase their knowledge about manufacturing process.</p> <p>Thesis presents the very basic information about different manufacturing processes. The information will help industrial designers to realise how different things could be manufactured. The main goal for this thesis was to collect all manufacturing processes and select the most important ones from industrial designer's point of view.</p> <p>The information in this thesis has been collected from literature and from internet. Finding information about older manufacturing processes was relatively easy. It was harder to find information about manufacturing processes that are developed in resent years.</p> <p>As the final result the thesis offers a good and simple basic source of information for industrial designers. It presents many different manufacturing processes and gives the needed amount of information to open the basic idea of every manufacturing process to the readers.</p> <p>The structure of this thesis contains the history of manufacturing processes and then a presentation of all important processes. Manufacturing processes are divided in three different categories according to the material used. Categories are metal-, plastic- and wood manufacturing processes. In the end also some other more specialized manufacturing processes are presented.</p>	
Keywords: manufacturing process, industrial design	
Deposit at: Turku University of applied sciences library	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	TAVOITE JA TIEDONHANKINTA	1
2.1	Tutkimuskysymykset	2
2.2	Tiedonhankinta	2
3	VALMISTUSMENETELMIEN HISTORIA	3
3.1	Esihistorialliset valmistusmenetelmät	3
3.2	Teollinen vallankumous	4
3.3	Nykypäivän valmistusmenetelmät	5
4	VALMISTUSMENETELMÄN VALINTA	6
4.1	Suunnittelun lähtökohta	7
4.2	Materiaali	7
4.3	Sarjakoot	7
5	VALMISTUSMENETELMÄT	8
5.1	Metalliteollisuuden valmistusmenetelmät	8
5.1.1	Valaminen	9
5.1.2	Syväveto	10
5.1.3	Rullamuovaus	11
5.1.4	Kipinätyöstö	12
5.1.5	Taivutus	12
5.1.6	Kulmaus	13
5.1.7	Särmäys	14
5.1.8	Pyöritys	15
5.1.9	Leikkaus	15
5.1.10	Takominen	16

5.1.11	Metallin liitostekniikat	17
5.1.12	Metallin pintakäsittely	17
5.2	Muoviteollisuuden valmistusmenetelmät	19
5.2.1	Ruiskuvalu	20
5.2.2	Suulakepuristus	21
5.2.3	Puhallusmuovaus	23
5.2.4	Lämpömuovaus	24
5.2.5	Rotaatiovalu	25
5.2.6	Muovikomposiittirakenteet	26
5.2.7	Muottiin paisutus	27
5.2.8	Muovin liitostekniikat	28
5.2.9	Muovin pintakäsittely	30
5.3	Puuteollisuuden valmistusmenetelmät	31
5.3.1	Puun liitostekniikat	32
5.3.2	Puun pintakäsittely	33
5.4	Lastuava työstö	33
5.4.1	Numeerinen ohjaus	34
5.4.2	Sorvaus	34
5.4.3	Jyrsintä	35
5.5	Nykyaikaisia uudenpolven valmistusmenetelmiä	36
5.5.1	Stereolitografia	36
5.5.2	Lasersintraus	37
5.5.3	Vesisuihkuleikkaus	38
5.5.4	Lasertyöstö	39

6 YHTEENVETO 40

LIITTEET

KUVAT

Kuva 1: Rautakautisia esineitä (Ohion yliopiston kotisivu[viitattu 11.12.2009])	4
Kuva 2: Spinning Jenny (Incois – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	5

Kuva 3: Pitkälle kehitetty tuote (Techtrek – kotisivu[viitattu 11.12.2009])	6
Kuva 4: Valettu laivan dieselmoottorin runko (Keskiuomalainen – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	10
Kuva 5: Syvävedettyjä metalliosia (Jouka Oy – kotisivu[viitattu 11.12.2009])	10
Kuva 6: Rullamuovattu poimulevy (Ruukki Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	11
Kuva 7: kipinätyöstetty uistimen ruiskupuristusmuotti (Gf-tools Oy – kotisivu[viitattu 11.12.2009])	12
Kuva 8: Robotoitu taivutuskone	13
Kuva 9: Kulmauskone (Edu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	14
Kuva 10: Särmäyskoneen työkaluvaihtoehdot	14
Kuva 11: Pyöristyskone (Edu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	15
Kuva 12: NC ohjattu levyleikkuri (FedEx Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	16
Kuva 13: Muottiintaontamuotti, aihiot ja lopputuote	17
Kuva 14: Ruiskupuristuksen vaiheet (Taideteollinen korkeakoulu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	21
Kuva 15. Suulakepuristettuja putkia ja profiileja (Vanttilan muovi Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	22
Kuva 16. Puhallusmuovattupullo (Puteli Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	23
Kuva 17. Lämpömuovauskone.	25
Kuva 18. Rotaatiovalettu haaroituskäyttö (Finncont Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	26
Kuva 19. Muovikomposiitista valmistettuja nestekaasupulloja (Taideteollinen korkeakoulu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	27
Kuva 20: Lohenpyrstöliitos (Tee itse – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	32
Kuva 21: Pyöröreikäliitos (Gör det selv – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	32
Kuva 22: Tasoreikäliitos (Tee itse – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	33
Kuva 23:CNC kärkisorvi (Seppo Martin Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	35
Kuva 24:Jyrin (Tampereen konepalvelu Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	35
<i>Kuva 25:Erilaisia jyrsimenterä</i>	36
Kuva 26: Stereolitografitekniikalla mallinnettu kirkko (Flickr – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	37
Kuva 27: Lasersintrattu metalliosa (Oulu PMC Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	38
Kuva 28: Lasermerkkäus sopii myös nahka materiaalille (Palkinto Koivio Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])	40

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö esittelee tietoa teollisen muotoilun valmistusmenetelmistä. Työ on jaettu kuuteen erilliseen osioon, joista ensimmäinen keskittyy valmistusmenetelmien historiaan. Koetan lyhyesti ja ytimekkäästi tuoda lukijan kivilaudelta nykypäivän kehittyneeseen ja teolliseen maailmaan. Toisessa osiossa keskityn siihen, mitä teollisen muotoilijan tulisi ottaa huomioon valmistusmenetelmää valitessaan.

Opinnäytetyön kolmas ja tärkein osio pitää sisällään kaikki yleisimmin käytetyt valmistusmenetelmät, joita nykyteollisuus käyttää valmistaessaan uusia tuotteita. Osio koostuu metalli-, muovi- ja puuteollisuuden valmistusmenetelmistä, jotka ovat selkeästi eroteltu toisistaan. Erilliseksi osaksi olen erottanut lastuavan työstön, tämä siksi, että se liittyy kiinteästi kaikkiin edellä oleviin materiaalisidonnaisiin valmistusmenetelmiin. Kolmannen osion loppuun olen kerännyt niin sanottuja uusia valmistusmenetelmiä.

Olen pyrkinyt esittelemään valmistusmenetelmien laajan kirjon niin, että lukijalle avautuu kunkin valmistusmenetelmän perusidea. Opinnäytetyön aiheen laajuuden vuoksi tiedon määrä kustakin valmistusmenetelmästä jää osittain suppeaksi, uskon kuitenkin työni toimivan hyvänä valmistusmenetelmien esittelyteoksena.

2 TAVOITE JA TIEDONHANKINTA

Opinnäytetyöni tavoite on kartoittaa teollisen muotoilijan tärkeimmät valmistusmenetelmät ja esitellä ne niin, että lukijalle muodostuu näkemys, millaisia tuotteita kullakin valmistusmenetelmällä voidaan valmistaa. Lähdemateriaalin pohjalta pyrin esittelemään kunkin valmistusmenetelmän tiiviinä kokonaisuutena.

2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyöni tarkoitus on esitellä lukijalle laaja kirjo erilaisia teolliselle muotoilijalle olennaisia valmistusmenetelmiä. Ensimmäinen kysymys, joka minun tuli selvittää, oli mitä valmistusmenetelmiä on olemassa. Toinen ratkaistava ongelma oli valinta valmistusmenetelmistä, jotka koskettavat konkreettisimmin teollista muotoilua. Kysymyksiin vastaamisen aloitin käymällä läpi suuren määrän eri materiaaleista kertoviin teoksiin. Materiaalin pohjalta kirjoitin listan olemassa olevista valmistusmenetelmistä. Listalla olevista valitsin sitten oleellisimmin teolliseen muotoiluun liittyvät valmistusmenetelmät. Valinta kriteereinä käytin kyseisen valmistusmenetelmän nykyisen käytön laajuutta ja sitä, pystyykö kyseisen valmistusmenetelmän korvaamaan jollain toisella valmistustavalla. Edellä mainitusta rajauksesta on esimerkiksi sahauksen pois jättäminen, sillä se voidaan esimerkiksi toteuttaa jyrsimällä. Lähdeaineistoa hyväksikäyttäen loin opinnäytetyöhöni sisällysluettelon, jossa mielestäni on olennaiset teolliseen muotoiluun liittyvät valmistusmenetelmät.

2.2 Tiedonhankinta

Olen käyttänyt opinnäytetyöni lähdemateriaalina pääsääntöisesti eri teollisuuden alojen tietokirjallisuutta. Lähdemateriaalina käytetty tietokirjallisuus koostuu niin eri asiantuntijoiden kirjoittamista teoksista, kuin eri ammatillisissa oppilaitoksissa käytettävistä oppikirjoista. Kirjallista materiaalia eri valmistusmenetelmistä löytyy pääsääntöisesti runsaasti ja monipuolisesti. Muutamien uudempien valmistusmenetelmien kohdalla kirjallista materiaalia löytyy vielä kuitenkin varsin niukasti. Kirjallisuuden lisäksi olen käyttänyt lähdemateriaalina Internetiä, josta löytyy osittain hyvinkin kattavia informaation lähteitä. Internet aineisto koostuu lähinnä yliopistojen kotisivuilta löytyvästä tiedosta ja luentomateriaaleista. Lisäksi olen käyttänyt Internetiä opinnäytetyössäni esiintyvän kuvamateriaalin etsimiseen.

3 VALMISTUSMENETELMIEN HISTORIA

Ihmisten historiallinen kehitys on pitkälti ollut sidonnainen kykyymme käyttää hyväksi luonnon tarjoamia raaka-aineita. Alkujaan työkalujen valmistaminen oli tarpeellista, jotta pystyttiin metsästämään ja kalastamaan tehokkaammin. Valmistustaitojen kehittyessä alkoivat myös yhteiskunnat muodostua suuremmiksi, tarvittiin rakennuksia, aseita ja muita esineitä. 1700-luvun loppupuolella alkanut teollinen vallankumous johti kehitykseen, joka jatkuu yhä edelleen. Teollisuus kehittyy jatkuvasti ja uusia valmistusmenetelmiä kehitellään palvelemaan nykyihmisten alati lisääntyvää materian tarvetta. Seuraavissa osioissa käydään lyhyesti läpi valmistusmenetelmien historiaa kivilaudelta nykyhetkeen.

3.1 Esihistorialliset valmistusmenetelmät

Varhaisimmat työkalut, joita ihminen on käyttänyt, ovat kivilaudelta. Kivilaudella ihminen osasi valmistaa metsästysvälineitä kivistä ja eläimien luista. Myös puun käsittely on ollut kivilauden ihmiselle tuttua, sillä hän osasi valmistaa itselleen asumuksia. Kivilauden loppupuolella ihminen on saattanut käyttää myös löytämiään metalleja, mutta niillä ei ole luultavasti ollut suurempaa merkitystä ruuan hankinnassa. Kivilauden loppupuolella ihminen on osannut valmistaa muun muassa ongen koukkuja, verkkoja, vaatteita ja vanhin neula on 22 000 vuoden takaa. Taide-esineitä ihminen on valmistanut myös jo 30 000 vuotta ja vanhimmat löydetty saviastiat ovat noin 15000 vuotta vanhoja. Maanviljely ja karjan kasvatusta ovat peräisin neoliittiselta kivilaudelta, joka sijoittuu noin 10 000 vuotta ennen ajanlaskun alkua.

Kivilauden loppupuolella noin 3500 vuotta ennen ajanlaskun alkua alettiin elää kuparikautta, jolloin kuparia osattiin sulattaa ja takoa. Muottiin valettuja kupariesineitä on löytynyt Mesopotamian alueelta ja ne ovat peräisin 3200 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Kuparikauden jälkeen ihminen oppi sekoittamaan kupariin muita metalleja kuten lyijyä ja siirryttiin pronssikaudelle. Pronssikausi sijoittuu 2400–920 eaa. ja faaraoiden Egypti ja Mesopotamian korkeakulttuurit sijoittuvat pronssikaudelle. Pronssikautta seurasi rautakausi, jolloin raudasta valmistetut esineet yleistyivät. Raudan valmistus oli helpompaa kuin pronssin, koska rautamalmia oli

helpommin löydettävissä. Raudasta valmistettiin hyötyesineiden lisäksi aseita ja työvälineitä. Raudan valmistus levisi Lähi-idästä, Euroopan kautta Aasiaan ja Intiassa osattiin valmistaa jo korkealuokkaista hiiliterästä 200 eaa. Rautakausi sijoittuu 500 eaa. 1300 jaa. väliselle ajalle. (Väntinen 1989, 28–34).



Kuva 1: Rautakautisia esineitä (Ohion yliopiston kotisivu[viitattu 11.12.2009])

3.2 Teollinen vallankumous

1700-luvun Englannista liikkeelle lähtenyt teollinen vallankumous mullisti yhteiskunnallisen kehityksen. Vallankumouksen sysäsi liikkeelle hiilikäyttöisen höyryvoiman käyttöön otto ja automatisoitujen, koneistettujen tehtaiden syntyminen. Tuotantolaitokset mahdollistivat tavaroiden sarjatuotannon ja ne syrjäyttivät perinteiset käsityöläiset. Tehostuneet kuljetus mahdollisuudet niin merillä kuin rautateilläkin ajoi tuotteiden valmistuksen kohti suuren mittaluokan teollisuutta. Teollisuuden tuotantolaitoksissa kehiteltiin jatkuvasti tehokkaampia valmistusmenetelmiä, jotta tuotanto edelleen tehostuisi. Tehostuneen maanviljelyksen johdosta maaseudulta vapautui myös runsaasti tehtaiden tarvitsemaa työvoimaa ja ihmiset muuttivat työn perässä kaupunkeihin.



Kuva 2: Spinning Jenny (Incois – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

3.3 Nykypäivän valmistusmenetelmät

Nykypäivän teollista tuotantoa kuvaa pitkälle kehittyneet tuotantolaitokset, joissa valmistetaan mitä monimutkaisimpia ja teknisempiä laitteita. Tavaroiden tuotanto ei nykyään ole, enää sidoksissa tietylle alueelle vaan suuret kansainväliset yritykset toimivat ympäri maailmaa, valmistaen kulutustavaroita koko maapallon väestön tarpeisiin. Viime vuosikymmenien aikana räjähdysmäisesti kehittynyt tekniikka ja informaation kulku ovat mahdollistaneet pitkälle automatisoidut valmistusmenetelmät. Ihminen pystyy nykyään valmistamaan uusia materiaaleja ja lisäämään tuotteisiin elektroniikkaa joka mahdollistaa entistä teknisempien tuotteiden valmistamisen.



Kuva 3: Pitkälle kehitetty tuote (Techreak – kotisivu[viitattu 11.12.2009])

Johtuen tehtaiden ja markkina-alueiden globalisoitumisesta, uusia tuotteita pitäisi pystyä valmistamaan nopeasti ja edullisesti. Uusien tuotteiden tulee vastata tiukkoja laatuvaatimuksia, niin materiaalien kuin valmistusmenetelmienkin osalta. Markkinat vaativat edullisia ja laadukkaita tuotteita, nopea tekninen kehitys taasen vaatii yrityksiltä nopeaa reagoitua tuotteiden jatkuvassa kehitystyössä. Tehokas tuotekehittäminen asettaa myös valmistusmenetelmien kehitykselle omat vaatimuksensa. Nykyaikaisin valmistusmenetelmin pystytään valmistamaan nopeasti proto- tai valmistuotteita. Hyvä esimerkki nykyaikaisesta valmistusmenetelmästä on sintraus, jossa tietokoneohjelmalla suunniteltu kappale voidaan valmistaa muovista tai metallista vain nappia painamalla.

4 VALMISTUSMENETELMÄN VALINTA

Kun ruvetaan suunnittelemaan valmistettavaa tuotetta, tulisi valmistusmenetelmien pääpiirteittäin olla selvillä. Valmistusmenetelmän valinnalla pystytään vaikuttamaan moniin tärkeisiin tekijöihin, kuten kustannuksiin, valmistettavuuteen sekä valmistettavan tuotteen ulkonäköön ja kestävyYTEEN. Valmistusmenetelmän valintaan

vaikuttaa voimakkaasti tuotteen materiaali, sarjakoot, toleranssit, pinnanlaatu ja tuotteen koko ja muoto. Parhaan valmistusmenetelmän valinta tapahtuu vertailemalla kaikkia kyseisen tuotteen mahdollisia valmistusmenetelmiä keskenään.

4.1 Suunnittelun lähtökohta

Peruslähtökohta valmistusmenetelmän valintaan määräytyy pitkälti taloudellisista näkökulmista. Miten tuote tulisi valmistaa tehokkaasti mahdollisimman edullisesti? On otettava huomioon tuotteen valmistukseen investoitavat resurssit, sarjakoot ja laatuvaatimukset. Lisäksi pitää osata arvioida, millaisiin lisäkustannuksiin valittu valmistusmenetelmä johtaa. Lisäkustannuksia syntyy muun muassa monimutkaisten muottien ja työkalujen valmistuksesta, jälkityöstöistä, liitostekniikoista ja pinnankäsittelystä. Parhaan lopputuloksen aikaan saaminen on yleensä hyvän suunnittelutyön tulosta. Hyvällä suunnittelulla voidaan vaikuttaa myös ratkaisevasti tuotteiden ekologisuuteen.

4.2 Materiaali

Valmistusmenetelmän valintaan suuren rajoituksen luo itse tuotteen materiaali. Materiaalin ominaisuudet ja hinta vaikuttavat suurelta osin siihen, millä valmistusmenetelmällä tuote kannattaa tai pystytään valmistamaan. Pääperiaate on, että kullekin materiaalille on olemassa sille ominaiset valmistusmenetelmät. Muovituotteiden valmistukseen on olemassa valmistusmenetelmiä, joita ei voi soveltaa esimerkiksi metallituotteiden valmistamiseen. Metallia taas on ominaisuuksiltaan sellaista, etteivät sen valmistusmenetelmät sovellu muovituotteiden valmistukseen. Puu taas on materiaalina sellaista, että sen muokkausmenetelmät soveltuvat suurelta osin myös muovi- ja metallituotteiden valmistukseen. (Valuatlas Pdf-tiedosto [viitattu 10.11.2009]).

4.3 Sarjakoot

Sarjakoko vaikuttaa ehkä kaikkein oleellisimmin valmistusmenetelmän valintaan. Valmiin kappaleen hinta toimii mittarina, jonka mukaan tulisi valita myös

valmistuksessa käytettävä valmistusmenetelmä. Jos sarjakoko on erittäin suuri, pystytään yksittäisestä tuotteesta saamaan edullinen, vaikka jouduttaisiinkin investoimaan tuotannon alussa suuria määriä taloudellista pääomaa. Toisaalta jos sarjakoko on hyvin pieni, saattaa sen valmistaminen tulla edullisemmaksi esimerkiksi käsityönä tai vaikkapa pikamallinnusmenetelmiä käyttäen. Valmistusmenetelmän valinta hankaloituu, jos sarjakoot ovat sellaisia, että on vaikea päättää, millä valmistusmenetelmällä tuotteesta saisi mahdollisimman edullisen. Tällaisissa tilanteissa voidaan ongelma ratkaista esimerkiksi valitsemalla valmistusmenetelmä, jolla vastaavanlaisia tuotteita on aikaisemminkin valmistettu. Lisäksi eri valmistusmenetelmien nopeus tai vaikkapa valmistuksesta syntyvän ympäristörasitusten vertailu toimii päätöksien tukena.

5 VALMISTUSMENETELMÄT

Valmistusmenetelmät on käsite, jota käytetään ihmisen menetelmistä käsitellä materiaaleja ja luoda uusia tuotteita. Teollisen muotoilun kannalta tärkeät valmistusmenetelmät olen jakanut materiaalien mukaan. Esittelen metalli-, puu- ja muoviteollisuuden pääsääntöisesti käyttämät valmistusmenetelmät. Lisäksi kerron hieman myös kyseisen materiaalin liitostekniikoista ja pintakäsittelystä. Lastuavantyöstön olen erottanut muista valmistusmenetelmistä, koska se liittyy olennaisesti kaikkiin materiaalisidonnaisiin valmistusmenetelmiin. Oman erillisen osion olen valinnut myös nykyaikaisille uusille valmistusmenetelmille, jotka tekninen kehitys on tuonut tullessaan.

5.1 Metalliteollisuuden valmistusmenetelmät

Metallin valmistusmenetelmistä vanhin on valaminen. Vanhimmat ihmisen valamat metalliesineet on löydetty Mesopotamian alueelta ja kuparista valetut esineet ovat noin vuodelta 3200 eKr. Antiikin Kreikassa noin 1000 eKr. kehitetty pronssinvalutaito mahdollisti koriste-esineiden ja aseiden valmistuksen metallista. Valurauta kehitettiin Kiinassa ja teräs taas Englannissa. Valuraudan ja teräksen käyttö yleistyi vasta 1600-

luvulla, jonka jälkeen niiden ominaisuudet ja valmistusmenetelmät ovat kehittyneet aina nykypäivään saakka. (Autere, Ingman ja Tennilä 1982, 7).

5.1.1 Valaminen

Valaminen on metallin valmistusmenetelmä, jolla saadaan aikaan hyvin monimuotoisia esineitä. Valumenetelmän suuri etu, on juuri sen sallima suunnittelunvapaus. Valamalla valmistetaan pääsääntöisesti erilaisia koneiden osia, auto-, rakennus-, ja kodinkoneteollisuuden tarpeisiin.

Valuprosessissa metalliharkkoja tai lajiteltua metalliromua sulatetaan sulatusuunissa. Sulatusuuni lämpiää eri polttoaineiden avulla, tai nykyään paljolti sähkön avulla. Sula metalli valutetaan kestopuottiin, tai hiekasta valmistettuun kertamuottiin. Kestomuotit on valmistettu metallista tai keramiikasta. Sideainein vahvistettua hiekkamuottia voidaan käyttää vain kerran, mutta kestopuotit kestävät tuhansia valukertoja. Muotissa sula metalli jähmettyy muotin muotoiseksi. Valmis kappale poistetaan muotista, ja siitä poistetaan niin sanotut valukkeet. Valukkeet muodostuvat metallista, joka jähmettyy muotin täyttökanaaviin. Valukappaleita suunniteltaessa käytetään muotin keskelle asetettuja keernoja, jotka muodostavat valettavan kappaleen onton sisätilan. (Keskinen 1991, 11).



Kuva 4: Valettu laivan dieselmootorin runko (Keskisuomalainen – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.1.2 Syväveto

Syväveto on metallin valmistusmenetelmä, jossa valmista ohutmetallilevyä muokataan mekaanisesti haluttuun muotoon. Syvävedettäväksi materiaaliksi soveltuu teräs, ruostumaton teräs, messinki, kupari ja alumiini. Materiaalien ominaisuuksissa korostuvatkin metallien lujuus- ja muovattavuusominaisuudet. Perinteisiä syvävedettyjä tuotteita ovat esimerkiksi tiskialtaat ja virvoitusjuomatölkit.

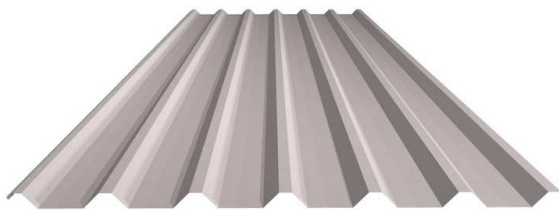


Kuva 5: Syvävedettyjä metalliosia (Jouka Oy – kotisivu[viitattu 11.12.2009])

Syvävetoprosessi etenee seuraavasti. Ohutlevystä leikataan halutun muotoinen tasainen aihio, joka kiinnitetään lujasti reunoistaan vetorenkaaseen. Hydraulisesti liikkuva vetopainin painaa aihion vetorenkaan läpi, jolloin aihio­metalli venyy halutun muotoiseksi, esimerkiksi juomatölkiksi. Monivaiheisessa syvävetoprosessissa, venytettyä aihiota voidaan muokata erimuotoisin puristimin, jotka prässäävät muun muassa halutun muotoisen pohjan syvävedettyyn kappaleeseen. Lopuksi syvävedetyn kappaleen yläreunasta poistetaan helmat, jotka ovat pitäneet vedettävän aihion reunat kiinni vetorenkaassa. Myös erilaiset rei'itykset tehdään prosessin loppuvaiheessa. (Katainen ja Mäkinen 1989, 172–174).

5.1.3 Rullamuovaus

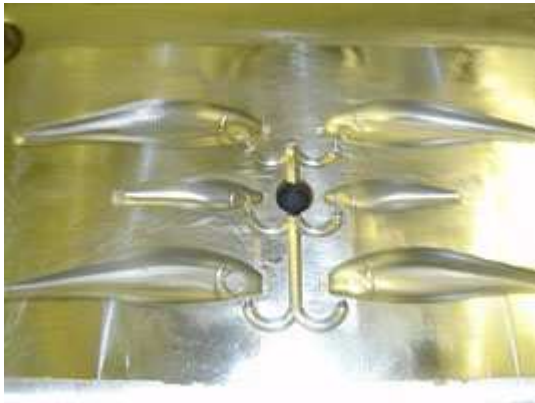
Rullamuovaus on metallin kylmämuovausmenetelmä, jota käytetään erilaisten metalliprofiilien valmistukseen. Materiaalina rullamuovauksessa käytetään sileää metallilevyä, joka ohjataan niin sanotun muotorullaston läpi. Muotorullasto muokkaa peltilevystä halutun näköistä metalliprofiilia. Perinteisiä tuotteita, joita valmistetaan rullamuovauksella, ovat erilaiset kattopellit, metallipaneelit ja rakennuksien ulkoseinissä käytettävä Poimulevy. Rullamuovauksella voidaan muokattava profiili suunnitella niin, että se on optimaalinen rakenteen toiminnan ja lujuuden kannalta. (Ongelin 1986, 13).



Kuva 6: Rullamuovattu poimulevy (Ruukki Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.1.4 Kipinätyöstö

Kipinätyöstö on metallin muokkausmenetelmä, jolla pystytään poistamaan sähkö elektrodien avulla metallia metallista. Kipinätyöstöä käytetään pääsääntöisesti muovin ruiskupuristusmuottien valmistuksessa. Muokattava kappale upotetaan öljyyn, jota pitkin elektrodi ohjataan kappaleen pinnalle. Elektrodi irrottaa materiaalia kappaleen pinnasta ja kun kappaletta siirretään, niin saadaan aikaiseksi halutun muotoinen kappale. Valmistusmenetelmänä kipinätyöstä on hidas, mutta sen eduksi voidaan laskea se, että sillä voidaan muokata kovia ja karkaistuja materiaaleja. (Oy Uddeholm Ab:n –kotisivu Pdf-tiedosto [viitattu 11.12.2009]).



Kuva 7: kipinätyöstetty uistimen ruiskupuristusmuotti (Gf-tools Oy – kotisivu[viitattu 11.12.2009])

5.1.5 Taivutus

Metallin taivutus on erittäin yksinkertainen valmistusmenetelmä, mutta silti sillä on suuri merkitys eri metallirakenteita suunniteltaessa. Taivuttamalla metallilevystä valmistetun kappaleen jäykkyys lisääntyy. Jäykkyyden ansiosta rakenteista voidaan tehdä keveämpiä ja materiaalien seinämän paksuutta voidaan pienentää. Ohuempi seinämäpaksuus pienentää materiaalin tarvetta ja näin alentaa kustannuksia.

Metallia taivutetaan pääsääntöisesti hydraulisin taivuttimin, jotka mahdollistavat mittatarkkojen taivutusten aikaansaamisen. Metallilevyä taivutettaessa taivutus kulman tulee olla riittävän suuri, jotta aineen myötöraja ylittyy. Myötörajan ylitettyään

aine ei enää palaudu alkuperäiseen muotoonsa. Metallia taivutettaessa siihen muodostuu erilaisia voimia, ulkopinta venyy ja sisäpinta puristuu kasaan. Taivutusprosessissa tulee huomioida, ettei taivutussäde ole liian pieni. Liian pieni taivutussäde voi murtaa venyvän ulkopinnan. (Katainen ja Mäkinen 1989, 61.)



Kuva 8: Robotoitu taivutuskone

5.1.6 Kulmaus

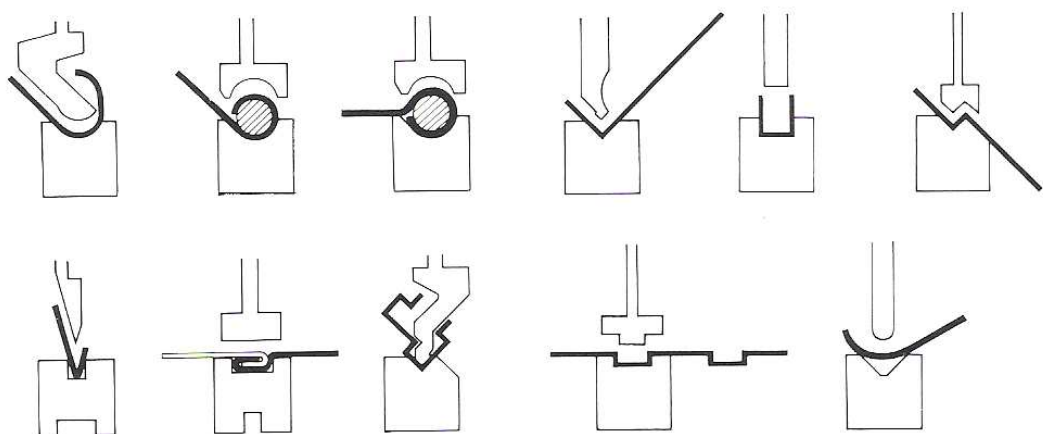
Kulmaus on taivutuksen tavoin ohutlevymetallien muovaustekniikka, jota käytetään erilaisten metallirakenteiden valmistuksessa. Kulmainkone löytyy jokaisesta metallipajasta ja ne ovat joko käsikäyttöisiä tai koneistettuja. Käsikäyttöisellä kulmauskoneella voidaan taivuttaa alle kolme millimetriä paksuja metallilevyjä, ja sitä paksummat levyt taivutetaan koneistetuilla kulmauskoneilla. Metallilevyjen kulmauksessa tulee ottaa huomioon levyn kulmausjärjestys, jotta haluttu lopputulos on mahdollinen valmistaa. Valmistustekniikkana kulmaus on nopea ja edullinen ratkaisu. Kulmauskoneen kiskojen, eli reunojen joita vasten levy taipuu, avulla saadaan kulmauskohdasta halutun muotoinen, joko terävä, viisto tai pyöreä. (Katainen ja Mäkinen 1989, 66–68.)



Kuva 9: Kulmauskone (Edu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.1.7 Särmäys

Särmäys on metallin muokkaustekniikka, jolla saadaan aikaan erilaisia taivutuksia metallilevyihin. Särmäyskoneet ovat koneellisesti toimivia laitteita, jotka puristavat erilaisten työkalujen avulla halutun muotoisia kuvioita. Särmäyskoneet ovat nopeita, helppokäyttöisiä laitteita. Lisäksi niiden suuri puristusvoima mahdollistaa paksujen metallilevyjen muokkauksen haluttuun muotoon. (Katainen ja Mäkinen 1989, 70).



Kuva 10: Särmäyskoneen työkaluvaihtoehdot

5.1.8 Pyöristys

Yksi yleisimmistä metallin muovaustekniikoista on pyöristys. Pyöristämällä metallilevyjä lieriöiksi saadaan aikaiseksi tukevia rakenteita. Pyöristyskoneita on käsikäyttöisiä ja moottoroituja, riippuen metallilevyjen ainepaksuuksista. Pyöristyskone muodostuu kolmesta metallitelasta, joiden suhdetta toisiinsa muuttelemalla saadaan metallilevy taipumaan tasaisesti kohti lieriön tai kartion muotoa. Tasaisen metallilevyn lisäksi pyöristyskoneilla pystytään pyöristämään erilaisia metalliprofiileita ja pyöröterästä. (Katainen ja Mäkinen 1989, 79–89).



Kuva 11: Pyöristyskone (Edu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.1.9 Leikkaus

Leikattaessa metallia, leikkuuvälineen valintaan vaikuttaa olennaisesti metallimateriaalin vahvuudet. Leikkaus prosessin tulee olla mahdollisimman tehokas, nopea, taloudellinen, ja riittävän tarkka. Yksinkertaisimmillaan metallia voidaan leikata peltisaksilla ja ainevahvuuksien kasvaessa yli 1mm:n tulee käyttää kaarisaksia. Teollisuudessa on käytössä suuria hydraulisia automatisoituja levyleikkureita, joilla metallia saadaan leikattua nopeasti ja tarkasti haluttuun muotoon. Sarjatuotettuna metallin leikkaus tapahtuu pitkälle kehitettyjä automaattisia leikkauslinjoja käyttäen. Leikkauslinjalla metallilevystä leikataan halutun muotoisia kappaleita nopeasti ja niin,

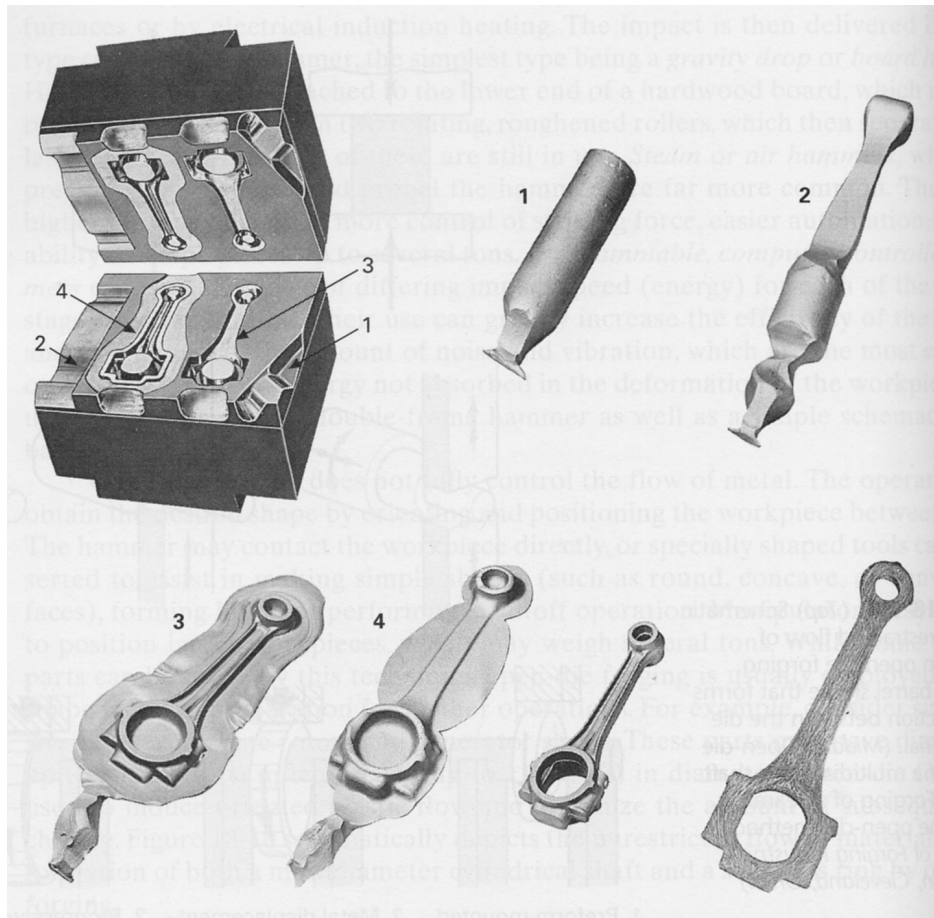
että hukkaprosentit jäävät mahdollisimman pieniksi. Monimutkaisempia kuvioita leikattaessa voidaan käyttää saha- tai nakertajaleikkureita. (Katainen ja Mäkinen 1989, 34–58).



Kuva 12: NC ohjattu levyleikkuri (FedEx Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.1.10 Takominen

Takominen on yksi vanhimmista metalliesineiden valmistusmenetelmistä. Takominen tapahtuu alasinta ja erilaisia vasaroita käyttäen. Metallia kuumennetaan ahjossa halutun lämpöiseksi ja muokataan iskemällä halutun muotoiseksi. Takominen jaetaan kahteen eri osa-alueeseen, vapaa- ja muottiintaontaan. Vapaataonta on niin sanottua perinteistä sepäntaontaa ja muottiintaonta tapahtuu teollisuuslaitoksissa järeämmällä kalustolla. Muottiintaonnassa muotin puoliskot kiinnitetään alasimeen ja vasaraan, kappale aihio kuumennetaan oikean lämpöiseksi ja hydraulinen vasara takoo siitä muotin muotoisen kappaleen. (Katainen ja Mäkinen 1989, 131–137).



Kuva 13: Muottiintaontamuotti, aihiot ja lopputuote

5.1.11 Metallin liitostekniikat

Metalliosia liitetään yhteen pääsääntöisesti hitsaamalla, niittaamalla, saumaamalla tai ruuviliitoksilla. Hitsaamalla saadaan aikaiseksi kiinteitä ja kestäviä metallirakenteita, niittaamalla voidaan liittää eri metallikappaleita kokonaisuuksiksi, joita ei tarvitse jatkuvasti purkaa ja rakenteet, jotka vaativat huoltoa ja mahdollisia osien vaihtoja, on parasta liittää ruuviliitoksin. Metalleja voidaan myös liimata kiinni toisiin metalleihin tai muihin materiaaleihin.

5.1.12 Metallin pintakäsittely

Metallien pintakäsittelyn avulla voidaan vaikuttaa metalliesineen rakenteeseen monin eri tavoin. Pintakäsittelyllä voidaan lisätä tuotteen käyttöikää, vaikuttaa ulkonäköön,

keventää tuotteen rakennetta ja säästää metalliraaka-ainetta. Eri pintakäsittely metodein voidaan vaikuttaa metallituotteiden korroosion keston, pintakovuuteen, kulutuksen sietoon tai tuotteen ulkonäön säilyttämiseen. Kaikessa metallien pintakäsittelyssä ensiarvoisen tärkeää huolehtia siitä, että pinnoitettavat pinnat ovat huolellisesti puhdistettuja. Puhdistaminen voidaan suorittaa joko mekaanisesti tai kemiallisesti. (Tunturi ja Tunturi 1999, 8-32).

Metalleja pystytään pintakäsittämään monin eri tavoin. Yleisimpiä pinnoitus menetelmiä on maalaus. Metallituotteiden maalauksessa on perinteisten ruiskumaalattavien metalleille sopivien maalien lisäksi jauhemaalaus. Jauhemaalauksessa maalattavaan metallipintaan muodostetaan staattinen sähkökenttä, johon puhalletaan maalipulveria. Maalattava kappale siirretään uuniin, jossa maalipulveri sulaa kiinni metallipintaan.

Maalauksen lisäksi metallituotteita voidaan pinnoittaa kemiallisin apukeinoin. kemiallinen pintakäsittely tapahtuu erilaisia kemiallisia reaktioita hyväksi käyttäen. Sen avulla pyritään parantamaan metallipinnan ominaisuuksia esimerkiksi paremman maalintarttuvuuden aikaan saamiseksi. Kemiallisella reaktiopinnoituksella pystytään metallin pintaa hapettamaan, kromaamaan tai fosfatoimaan. Kemiallisten pintakäsittely vaihtoehtojen lisäksi metallipintaa voidaan muokata sähkökemiallisin menetelmin, jossa metallipintaan muodostetaan sähköä hyväksikäyttäen ohut kerros jotain muuta metallia. Sähkökemiallisin menetelmin voidaan esimerkiksi halvempaa metallia pinnoittaa vaikka kullalla, jolloin säästetään kalliimpaa materiaalia, mutta saadaan sitä vastaavat pinnanominaisuudet. (Tunturi 1994, 37–41).

Yksi yleinen metallien pintakäsittelymuoto on erilaisten mekaanisten menetelmien käyttö. Niiden avulla metallipinnasta voidaan peittää valmistuksessa syntyneitä epätasaisuuksia kuten naarmuja. Mekaanisia menetelmiä ovat muun muassa hiominen, harjaus, kiillotus, vasarointi ja hiekkapuhallus. (Tunturi 1994, 29–31).

Metallipintojen puhdistus

Hiekkapuhallus on metallin pinnankäsittelytapa, jolla esikäsitellään metallipinta jatkokäsittelyä varten. Hiekkapuhalluksessa metallipintaan puhalletaan paineilmaa hyväksikäyttäen kvartsihiekkää. Kovalla paineella pintaan osuvat 0,4–2mm kvartsihiekkakiteet irrottavat metallin pinnasta epäpuhtaudet ja saavat aikaan erittäin puhtaan pinnan, jota on helppo esimerkiksi maalata, lakata, galvanoida tai hitsata. Hiekkapuhallus on hyvin pölyävä työvaihe ja pienemmät osat yleensä hiekkapuhalletaan erityisissä hiekkapuhalluskopeissa. Suurempia osia hiekkapuhallettaessa tulee huomioida työolosuhteissa seuraavia seikkoja. Suuren pölymäärän vuoksi kannattaa hiekkapuhallettavan kohteen ympärille luoda vaikka pressuun eristetty tila, jotta pöly ei leviä ympäristöön. Iho on hyvä suojata huolellisesti ja metallin pinnasta irtoavan ruosteen ja muiden epäpuhtauksien johdosta raitisilmanaamarin käyttö on pakollista. (Katainen ja Mäkinen 1989, 180).

5.2 Muoviteollisuuden valmistusmenetelmät

Muoviteollisuus on suhteellisen nuori teollisuudenala, ensimmäiset muovilaadut kehitettiin Amerikassa 1860-luvulla. Suomen muoviteollisuus on katsottu syntyneen vasta 1920-luvun alussa. (Kurri, Malén, Sandell ja Virtanen 2002, 11–12).

Muoviteollisuus valmistaa tuotteita kuluttajille ja yritysten tarpeisiin. Suomessa toimi vuonna 2009 noin 640 muovialan yritystä. Muoviteollisuuden alalla toimivista yrityksistä 40 valmistaa muoveja ja niiden lisä- ja apuaineita. Loput 600 yritystä valmistavat muovituotteita. Suomessa noin puolet muoveista jalostetaan muovikalvoiksi ja elintarvikepakkauksiksi, neljäsosa rakennusteollisuuden tarpeisiin, 10 % elektroniikka- ja koneiteollisuuden komponenteiksi ja 15 % muiksi muovituotteiksi. (Muoviteollisuus ry:n -kosisivu [viitattu 25.3.2009]).

Muovi on materiaalina hyvin nykyaikainen ja sen käyttö suosittua. Muovin hyviä ominaisuuksia ovat muun muassa keveys, kestävyys ja helppo muotoiltavuus. Muovilajeja eri käyttötarkoituksiin on tuhansia ja muovin muokkaamiseen kymmeniä erilaisia menetelmiä. (Kurri ym. 2002, 4). Sen lisäksi, että muovia on helppo muokata,

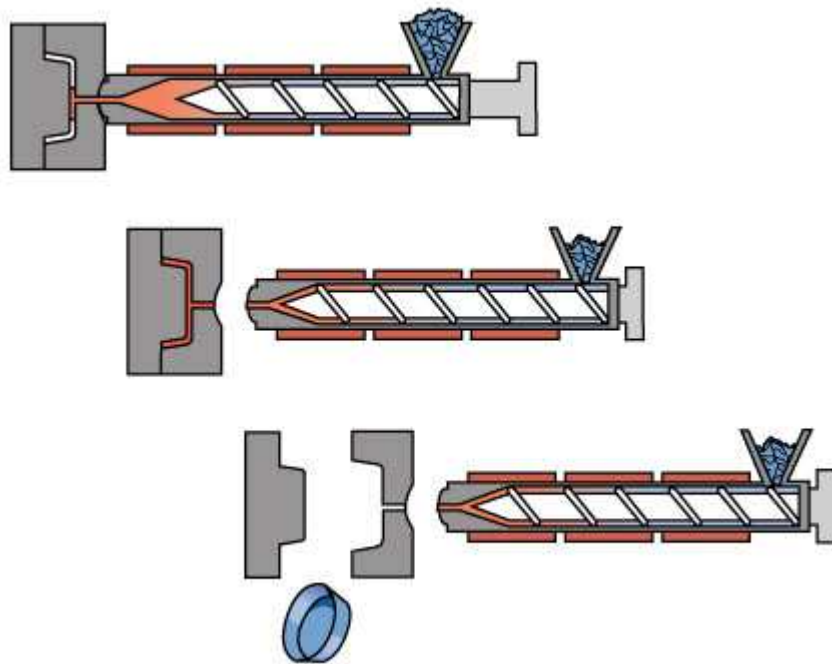
pystytään sille valmistusvaiheessa antamaan kutakin tarkoitusta varten juuri oikeanlaisia erikoisominaisuuksia. Muovi saadaan kestäväksi hyvin lämpöä, kylmyyttä, kemiallisia aineita ja iskuja.

Koska muovin on materiaali, jonka käyttö jatkuvasti lisääntyy, tulisi myös huolehtia siitä, mitä muovituotteille tehdään kun ne saapuvat elinkaarensa päähän. Suuri osa muovista päättyy edelleen kaatopaikoille, jossa sen hajoaminen kestää satoja vuosia. Muovin kierrätys asettaakin suunnittelulle ja muotoilulle suuren haasteen, jotta tulevaisuuden muovituotteet pystyttäisiin kierrättämään entistä paremmin. Nykyään osa muoveista päättyy kaatopaikoille, osa poltetaan energijätteenä, osa rouhitaan muovirouheeksi joka muotoillaan uusiksi tuotteiksi ja osa muovista voidaan sekoittaa esimerkiksi bitumin sekaan maanteiden päällysteiksi. Muovimolekyylit on myös mahdollista hajottaa kemiallisesti petrokemian- ja kemianteollisuuden raaka-aineiksi. (Kurri ym. 2002, 202–206).

5.2.1 Ruiskuvalu

Ruiskuvalu eli ruiskupuristus on yleisesti käytetty muovituotteiden valmistusmenetelmä. Ruiskupuristamalla pystytään valmistamaan edullisesti suuria määriä muovisia erikokoisia tuotteita. Ruiskupuristettaessa raaka-aineina käytetään joko muovigranulaattia tai -jauhoa. Ruiskuvalun eduiksi on laskettava sen nopeus, helppous ja edullisuus. (Seppälä 2005, 275–276).

Yksinkertaisesti selitettynä ruiskuvalu tapahtuu seuraavalla tavalla. Ensin ruiskuvalukoneeseen syötetään muoviraaka-ainetta, esimerkiksi muovigranulaattia. Muovigranulaatit sulatetaan sähkövastusten, ruiskuvalukoneessa olevan sulatussylinterin muodostaman kitkan ja paineen avulla. Aikaan saatu tasainen muovimassa ruiskutetaan suurella paineella teräksiseen muottiin, jossa se jähmettyy muotin ontelon muotoon. Jäähdyttyään muotti avataan ja valmis muovituote työnnetään ulos muotista. (Kurri ym. 2002, 72).

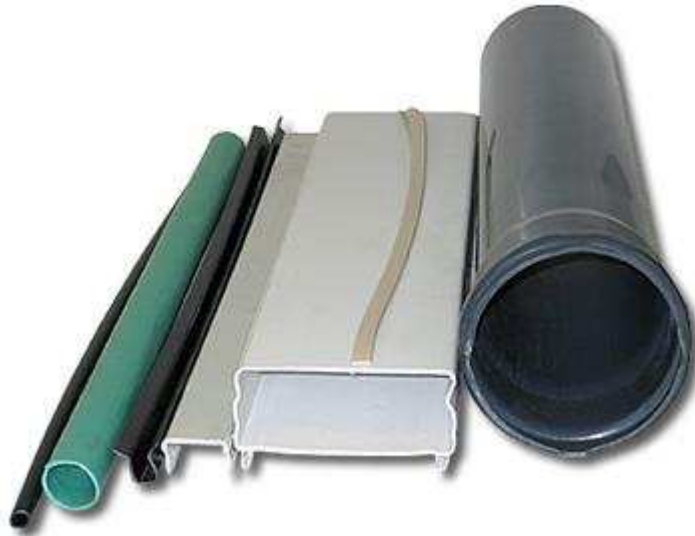


Kuva 14: Ruiskupuristuksen vaiheet (Taideteollinen korkeakoulu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

Ruiskuvalu on valmistusmenetelmänä parhaimmillaan, kun muovituotteita valmistetaan suurina sarjoina. Tämä siksi, että suuren osan ruiskuvalulla valmistettavan tuotteen alkukustannuksista muodostuu muotin valmistuskustannuksista. Teräksisen muotin valmistus on kallista, mutta mitä suurempi on valmistettavan tuotteen kappale määrä, sitä pienemmäksi itse muottikustannus muodostuu. (Seppälä 2005, 283).

5.2.2 Suulakepuristus

Suulakepuristus eli ekstruusio on yleisin muovituotteiden valmistukseen käytettävä valmistusmenetelmä. Jos lasketaan muovikiloissa, niin 60 % kaikesta muovista käytetään suulakepuristuksen raaka-aineena (Seppälä 2005, 261). Suulakepuristus on jatkuva prosessi, jolla valmistetaan muovisia kalvoja, putkia, profiileita, levyjä sekä päällystetään sähkökaapeleita. Suulakepuristamalla valmistetaan myös laajalti muoviteollisuudessa käytettävää muovigranulaattia. (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 22).



Kuva 15. Suulakepuristettuja putkia ja profiileja (Vanttilan muovi Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

Suulakepuristusprosessi etenee siten, että ensin muoviraaka-aine ja mahdolliset lisäaineet esimerkiksi väriaineet syötetään niin sanottuun ekstruuderiin. Ekstruuderi koostuu sylinteristä, jonka sisällä on pitkä kierteinen ruuvi. Ekstruuderin sisällä raaka-aineet sulavat kierteisen ruuvin aiheuttaman kitkan ja sähkövastusten avulla ja sekoittuvat tasaiseksi muovimassaksi. Ekstruuderin sisällä oleva kierreruuvi työntää sulaa muoviamasta eteenpäin ja pursottaa sen ekstruuderin päähän sijoitetun tietyn profiilin mukaisen suulakkeen läpi. Valmis profiili jäähtyy ja se voidaan esimerkiksi pilkkoa ekstruuderin perään sijoitetun leikkurin avulla halutun mittaisiksi valmiiksi tuotteiksi. (Kurri ym. 2002, 98–99).

Suulakepuristusmuotit valmistetaan teräksestä, mutta yksinkertaisuutensa takia ne ovat huomattavasti halvempia kuin ruiskupuristuksessa käytettävät monimuotoiset muotit. Yksinkertaisimmillaan suulakepuristusmuotti on teräslevy, jonka keskelle on porattu reikä.

5.2.3 Puhallusmuovaus

Puhallusmuovausmenetelmää käytetään pääsääntöisesti säiliöiden ja erikokoisten pullojen valmistuksessa. Valmistettavien kappaleiden koot voivat vaihdella pienistä lääkepulloista isoihin, jopa 600-litran säiliöihin. Puhallusmuovaus jaetaan kahteen eri menetelmään, riippuen siitä, miten siinä käytettävät muoviaihiot on valmistettu. Aihio voidaan valmistaa joko suulake- tai ruiskupuristamalla. (Seppälä 2005, 302).



Kuva 16. Puhallusmuovattupullo (Puteli Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

Suulakepuristettaessa aihio valmistuu ekstruuderin työntäessä muovimassaa muottiaihiön läpi. Aikaansaatu putkimainen letku suljetaan muottiin ja kuumennetaan löysäksi. Lämmitetty letku puhalletaan muotin ala ja yläpäissä olevien suuttimien kautta vasten muotin seinämiä ja näin saadaan aikaiseksi halutun muotoinen ontto pullo. Kun muotissa oleva kappale on jäähtynyt, poistetaan se muotista ja siitä leikataan ylimääräiset purseet pois. (Kurri ym. 2002, 118).

Ruiskupuristusta käytettäessä aihiot valmistetaan normaalisti ruiskupuristamalla ja valmiit aihiot siirtyvät joko suoraan, tai jälkikäteen puhallusmuovauskoneeseen. Esimerkiksi pullon ruiskupuristetussa aihiossa on yleensä korkinkierteet ja niiden jatkeena tarvittava määrä muovimateriaalia. Kiertein varustettu aihio kiinnitetään puhallusmuovauskoneeseen, jossa sen perässä oleva muovi sulatetaan ja puhalletaan muotin muotoiseksi pulloksi. (Kurri ym. 2002, 118).

Puhallusmuovattaessa, voidaan vaikuttaa valmistettavan kappaleen ominaisuuksiin. Kun kuumennettua muoviaihiota venytetään pituussuunnassa puhalluksen aikana, kappaleiden iskulujuus moninkertaistuu. Jos aihiot valmistetaan suulakepuristamalla, pystytään kahden uutta muovia sisältävän muovikalvon sisälle laittamaan kierrätysmuovia, joka mahdollistaa muovin kierrätyksen. (Kurri ym. 2002, 117).

5.2.4 Lämpömuovaus

Lämpömuovausmenetelmän raaka-aineena käytetään valmiita muovilevyjä, joita muotoillaan lämmön avulla haluttuun muotoon. Tavallinen lämpömuovaustuote on suurehko kotelo, joiden valmistussarjat ovat suhteellisen pieniä. Esimerkkituotteita ovat esimerkiksi veneiden rungot, jääkaapin sisäosat, kattoikkunakuvut ja auton lokasuojat. (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 26). Yleisin lämpömuovauksen sovellus on niin sanottu tyhjiömuovaus. Muita sovelluksia ovat muovilevyn lämpötaivutus ja lämpövenytys.

Lämpömuovattavan kappaleen valmistuksessa tarvitaan muotti jonka päälle lämmitetty muovilevy venytetään. Lämpömuovauskoneessa on muovilevylle tarkoitettu kehys, johon levy kiinnitetään. Levyä kuumennetaan lämpövastuksin lähelle muovin sulamispistettä. Muotti on sijoitettu muovilevyn alla olevalle nousevalle muottipöydälle, joka nostaa muotin kohti sulaa muovilevyä. Muovilevyn kohdatessa muotin, muottipöydässä olevien pienien reikien kautta muodostetaan alipaine, joka imee sulan muovilevyn tiiviisti muotin pinnan muotoiseksi. Jäähdyntynyt muotoiltu muovilevy poistetaan kehyksestä ja siitä työstetään pois ylimääräiset reunukset. (Kurri ym. 2002, 124).



Kuva 17. Lämpömuovauskone.

Lämpömuovausmenetelmän etuja ovat alhaiset muottikustannukset, muotti on mahdollista valmistaa esimerkiksi puusta tai mdf-levystä. Muottia on myös jälkikäteen helppo muokata. Lämpömuovauksella saadaan aikaiseksi hyvä pinnanlaatu ja pienten sarjojen valmistuksessa valmistuskustannukset ovat pienet esimerkiksi ruiskupuristukseen verrattuna. Valmistettaessa tuotteita lämpömuovauksella, jälkityöstön osuus muodostaa ison osan valmistusprosessista, materiaalia menee hukkaan ja aikaan saatujen venytettyjen tuotteiden seinämäpaksuudet vaihtelevat. (Kurri ym. 2002, 122).

5.2.5 Rotaatiovalu

Rotaatiovalu on yksi vanhimpia muovintuotteiden valmistusmenetelmiä. Rotaatiovalu mahdollistaa hyvin suurien ja onttojen kappaleiden valmistuksen. Halvempien muottikustannustensa ansiosta rotaatiovalu on säilynyt kilpailukykyisenä ja kehittyvänä valmistusmenetelmänä. Tavallisia tuotteita joita valmistetaan rotaatiovalua käyttäen, ovat suuret säiliöt, veneet, kanootit, muoviroskikset, kaivot ja muut suuret kappaleet. Rotaatiovalulla on mahdollista tehdä myös pienempiä kappaleita kuten leluja, mutta suurin hyöty rotaatiovalusta saadaan kun sitä käytetään suurten kappaleiden valmistukseen. Koska muottiin ei kohdistu suuria paineita, kuten esimerkiksi ruiskupuristusmuottiin, pystytään se valmistamaan edullisemmin. Rotaatiovalumuotti valmistetaan metallista ja sen seinämäpaksuus vaihtelee 1. ja 10. millimetrin välillä, ruiskuvalussa käytettävien muottien seinämäpaksuus voi olla jopa puoli metriä. (Kurri ym. 2002, 125).

Rotaatiovalun prosessi on perusajatukseltaan seuraavanlainen. Muotti asetetaan laitteistoon, joka pyörittää sitä niin vaaka- kuin pysty akselin suuntaisesti. Muotin sisälle laitetaan joko pulverimaista tai nestemäistä muoviraaka-ainetta. Muotin pyöriessä sitä kuumennetaan joko asettamalla koko rotaatiovalujärjestelmä isoon uuniin tai sitten muotti itsessään voi olla lämmitettävä. Pyörimisen johdosta raaka-aineet sulavat muotin reunoihin tasaiseksi pinnaksi. Muotti jäädytetään ja valmis kappale poistetaan muotista. (Seppälä 2005, 303)



Kuva 18. Rotaatiovalettu haaroituskaivo (Finncont Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

Rotaatiovalu on taloudellisesti edullinen muovin valmistusmenetelmä. Lisäksi sillä pystytään valmistamaan suuria kappaleita ja se mahdollistaa pienempienkin sarjojen valmistamisen kilpailukykyiseen hintaan. Menetelmällä saadaan aikaiseksi tiiviitä kappaleita joiden seinämät ovat tasapaksuisia, eikä tuotteisiin synny jännitteitä. (Kurri ym. 2002, 126).

5.2.6 Muovikomposiittirakenteet

Muovisilla komposiittirakenteilla kuvataan materiaaleja, joissa vähintään kahta toisiaan tukevaa materiaalia muodostavat yhden kestävämmän materiaalin. Muovien lujuus ominaisuuksia parannellaan esimerkiksi hiilikuiduilla, lisäjäykkyyttä taas saadaan lisäämällä muovin sekaan erilaisia täyteaineita. Komposiittirakenteita käytetään pääsääntöisesti auto-, ilmailu- ja rakennusteollisuudessa. Myös veneteollisuus on käyttänyt komposiittirakenteita hyödykseen. Nykyaikaisimmista

sovelluksista komposiittialalla ovat erilaiset urheilu ja vapaa-ajan laitteet ja tuotteet. (Saarela, Airasmaa, Kokko, Skrifvars ja Komppa 2003, 12–13).



Kuva 19. Muovikomposiitista valmistettuja nestekaasupulloja (Taideteollinen korkeakoulu – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.2.7 Muottiin paisutus

Muottiin paisutus on valmistusmenetelmä, jolla valmistetaan kevyitä ja isokokoisia kappaleita. Styroksimaiset tuotteet kuten pyöräilykypärät, kylmälaukut ja pakkausmateriaalit valmistetaan tällä menetelmällä. Muottiin paisuttamalla tuotteista saadaan iskunkestäviä ja hyvin lämpöä eristäviä. Muottiin paisutetuilla tuotteilla on yleensä huono lämmön ja kemikaalien sietokyky.

Muottiin paisutuksen raaka-aineena käytetään muovigranulaatteja, s joiden sisällä on niin sanottua ponneainetta. Granulaatit laitetaan haluttuun muottiin ja niitä kuumennetaan kuumen höyryn avulla. Kaasuuntunut ponneaine laajentaa granulaatit ja liittää ne toisiinsa. Muotti jäähdytetään nopeasti ja näin saadaan yksi kokonainen kappale. Muotin pintaa vasten puristuneet granulaatit muodostavat siistin tarkkareunaisen pinnan. (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 35).

5.2.8 Muovin liitostekniikat

Muovituotteita valmistettaessa voidaan hyvin monimuotoisia rakenteita saada aikaan hyvällä suunnittelulla. Jos muovituote valmistetaan kuitenkin useasta eri kappaleesta, pystytään muoveja liittämään keskenään pitkälti samoin menetelmin kuin metallejakin. Muoveja liitetään pääsääntöisesti hitsaamalla, liimaamalla ja erilasin mekaanisin liitostavoin. (Kurri ym. 2002, 173).

Muovien hitsaaminen

Muoveja hitsatessa on otettava huomioon tiettyjä perusasioita. Muovien kohdalla hitsausliittäminen tulee kyseeseen vain kestumuovien kohdalla. Hitsattavien muovi kappaleiden tulee olla samaa muovilaatua. Ensiarvoisen tärkeää muovia hitsatessa on hitsaus lämpötila. Periaatteessa muovien hitsaus tapahtuu niin, että muovia lämmitettäessä se sulaa. Sulaneet pehmenneet pinnat puristetaan yhteen, jolloin sulatetut muovisaumat sekoittuvat keskenään. Viiletessään sekoittuneet muovimolekyylit jähmettyvät ja hitsautuvat yhteen. Muoveja hitsata myös niin, että sulaa muovia levitetään saumaan niin, että se sitoo muovikappaleet yhteen. Kuten muussakin hitsauksessa, hitsattavien muovipintojen tulee olla erittäin puhtaita ja kuivia. Epäpuhtaudet ja kosteus heikentävät huomattavasti hitsaussauman kestävyyttä. (Kurri ym. 2002, 174).

Yleisimmät muovien hitsaustekniikat ovat kuumakaasu-, ekstruusio-, pusku-, muhvi-, ultraääni-, kitka- ja vastuslankahitsaus. Kuumakaasuhitsauksessa muovisaumojen väliin ohjataan kuumaa ilmaa joka sulattaa saumojen reunat ja lisääineen. Kuumakaasuhitsattu sauma on hyvälaatuinen mutta pitkälti sidoksissa hitsaajan ammattitaitoon. Ekstruusiohitsauksessa saumat kuumennetaan kuumalla ilmalla ja lisääine sulaa ekstruuderin kierrerruuvien muodostaman paineen avulla. Ekstruusiohitsaus soveltuu erityisesti suurten saumojen hitsaukseen. Puskuhitsauksessa hitsattavien saumojen reunat kuumennetaan suliksi ja puristetaan toisiaan vasten. Muhvihitsaus soveltuu putkien liittämiseen. Muhvihitsattavat putket liitetään toisiinsa niin sanotun liitoskappaleen avulla. Kylmät putket eivät mahdu

liittimen sisään mutta lämmitetty sula putki mahtuu. Kylmetessään putket kiinnittyvät liitinkappaleen sisällä. Kitkahitsauksessa kappaleista toinen pyörii tai värähtelee toista kappaletta niin, että kappaleiden välille syntynyt kitka sulattaa muovit yhteen. Vastuslankahitsauksessa muovikappaleiden väliin asennetaan metallinen vastuslanka jonka läpi johdettu sähkövirta kuumentaa, kuumuus sulattaa muovit yhteen. (Kurri ym. 2002, 175–180.)

Muovien liimaaminen

Hitsauksen lisäksi muoveja pystytään myös liimaamaan keskenään tai toisiin materiaaleihin. Liimaus sopii niin kesto- kuin kertamuoveillekin. Muovipintoja liimattaessa on tärkeää käsitellä liimattavat pinnat niin, että aikaansaatu liimasauma olisi mahdollisimman kestävä. Liimaustulosta parantava pintojen karhennus saadaan aikaan joko mekaanisesti, kemiallisesti tai termisesti eli lämmön avulla.

Muoviliimat on jaettu kovettuviin, jähmettyviin ja liuotinliimoihin (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 31). Kovettuvilla liimoilla pystytään liittämään muoveja toisiinsa tai muovia toiseen materiaaliin. Kovettuvat liimat ovat yleensä kaksikomponenttisia epoksipolyesteri- tai uretaaniliimoja. Jähmettyvät liimat sulatetaan liimattavaan kohteeseen lämmön avulla ja kylmetessään ne muodostavat liimasauman. Liuotinliimat pehmentävät liimattavien kappaleiden saumareunat ja yhteen painettaessa ne sekoittuvat keskenään. Liuotinaineen haihduttua saumat kovettuvat ja muodostavat liimasauman. (Kurri ym. 2002, 180–183.)

Mekaaniset liitokset

Muovituotteita suunniteltaessa pystytään vaikuttamaan muovikappaleiden yhteen liitettävyyteen. Muoviosien mekaanisin liitoksin pystytään vaikuttamaan esimerkiksi tuotteiden koteloiden purettavuuteen ja kierrätettävyyteen. Perinteiset mekaaniset liittämismenetelmät ovat puristusliitokset, ruuvikiinnitykset ja erilaiset napsahdusliitokset (Metalliteollisuuden Keskusliitto 2001, 31–32).

Puristusliitos on periaatteeltaan hyvin yksinkertainen liitostekniikka. Hivenen suurempi kappale puristetaan pienempään reikään ja kappaleet juuttuvat toisiinsa. Puristusliitoksessa pyöreä muoto on optimaalinen, koska silloin puristusvoima jakautuu tasaisesti liitokseen. Ruuvikiinnitys on yleistynyt myös muovituotteiden liitostekniikkana ja sen etuja ovat helppo avattavuus ja luja liitos. Ruuvein kiinnitettäviin kappaleisiin rajoituksia asettavat ruuvitornien suunnittelu, koska ne vaativat suuren määrän muoviaiainesta yhteen kohtaan tuotetta, joka taas aiheuttaa muovipinnalle imukohtia (Järvelä, Syrjälä ja Vastela 1999, 312). Napsahdus- eli pikaliittimet ovat yleisiä muovituotteiden liittämässä. Tekniikka perustuu pitkälti muovien joustavuuteen, jolloin niitä pystytään hetkellisesti venyttämään ilman, että ne menettävät alkuperäisen muotonsa. Napsahdusliitoksien sovellukset ovat yleensä hyvin yksinkertaisia mutta niiden suunnittelu saattaa tuottaa vaikeuksia. (Kurri ym. 2002, 183–186). Kiinnitysosia suunniteltaessa pystytään vaikuttamaan tuotteiden osien lukumäärään, kokoamisnopeuteen ja liitosten lujuuteen (Järvelä ym. 1999, 312).

5.2.9 Muovin pintakäsittely

Muovien pintakäsittelytekniikkoina käytetään maalausta, metallointia ja lisäksi muotissa pinnoittamista. Muovipintoihin pystytään myös painamaan paperin tavoin etikettejä ja tuotetietoja. Erilaisia pinnan muotoja pystytään myös valmistamaan muokkaamalla muotin pintoja niin, että esimerkiksi ruiskupuristetessa muotin pinta kopioituu itse tuotteeseen. (Järvelä ym. 1999, 282).

Muoveja maalattaessa saadaan aikaiseksi hyvä laatuista pintoja, jotka peittävät valmistusvaiheessa syntyneitä muovin virtausjälkiä ja mahdollisia liitossaumoja. Maalauspinnoilla pystytään parantamaan myös muovituotteiden kemiallisia ja fyysisiä ominaisuuksia. Metalloitaessa muovituotteita, ne saadaan näyttämään metallituotteilta. Metallia voidaan joko galvanoida, ruiskuttaa tai höyrystää eri menetelmin muovipinnalle. Metalloinnin etuja ovat esimerkiksi metalli materiaalin säästö ja metalloidut muovituotteet ovat huomattavasti kevyempiä kuin vastaavat metalliset. Esimerkki tuotteita jotka ovat metalloitua muovia, ovat erilaiset kodinkoneet, valaisimien heijastinpinnat ja vesihanat. Muotissa pinnoituksella tarkoitetaan sitä, että ruiskupuristetessa muottiin asetetaan kalvo haluttua valmistettavan muovikappaleen

pintaa. Kun kuuma muovimassa ruiskutetaan muottiin, kiinnittyy lisätty kalvo samalla tuotteen pintaan. (Kurri ym. 2002, 170–172).

Jos tuotteen pinnanlaatuun halutaan vaikuttaa muokkaamalla muottia, vaihtoehdot ovat työstää kipinätyöstämällä haluttu pinta muottiin tai kemiallisesti syövyttää halutunlaisia kuvioita siihen. Kyseisillä tekniikoilla saadaan valmistettavaan kappaleeseen parempia pinnan ominaisuuksia esimerkiksi tartuttavuuden parantamiseksi tai sitten muovituotteen pintaan saadaan tarvittaessa lisättyä kuvio tai teksti. (Järvelä ym. 1999, 284).

5.3 Puuteollisuuden valmistusmenetelmät

Puu on luonnonmateriaali, jonka valmistusmenetelmät ovat pääsääntöisesti lastuavan työstön menetelmiä. Lastuavan työstön eri menetelmät on esitelty osiossa lastuava työstö. Materiaalina puu on kestävä ja monipuolinen. Puun käyttökohteet ovat käytännössä rajattomat, johtuen tuhansista eri puulajeista, eri ominaisuuksineen. Teollisen muotoilun kannalta katsottuna puu on ensimmäisiä materiaaleja, joista ihminen on valmistanut itselleen työkaluja ja asumuksia, puu on säilyttänyt siis suosionsa kivikaudelta nykypäivään. Suomen pinta-alasta noin 65 prosenttia on metsää, ja siksi puu on ollut yksi tärkeimmistä teollisen muotoilun materiaaleista jo vuosisatoja. (Kuikka ym. 1993,7-8).

Puun matka metsästä valmiiksi tuotteeksi kulkee läpi pitkän prosessin, jonka aikana metsästä kaadettu raakapuu käsitellään eri menetelmin. Puuta on saatavilla eri laatuluokitukset täyttävinä sahatavaroina, kuten lautoina, lankkuina ja palkkeina. Raakapintaisen sahatavaran käsittely alkaa usein höyläämällä sen ulkopinnat sileiksi. Höylätty sahatavara voidaan jatkojalostaa jyrsimällä siitä erilaisia paneeleita, ponttilautoja tai listoja. Sahatavaran lisäksi puusta valmistetaan erilaisia levytuotteita, tärkeimmät levytuotteet ovat lastulevy, kuitulevy ja vaneri. Puusta valmistettavia saha- ja levymateriaaleja käytetään eniten rakennus- ja huonekaluteollisuuden raaka-aineina. (Kuikka ym. 1993,75).

5.3.1 Puun liitostekniikat

Puun liittäminen toiseen puu-, muovi- tai metallimateriaaliin tapahtuu yleensä liimaamalla, erilaisin ruuvein tai puulle ominaisia loviliitoksia hyväksi käyttäen. Huonekaluteollisuudessa on valittavissa laaja kirjo erilaisia loviliitoksia, jotka ovat säilyttäneet asemansa läpi aikojen. Loviliitokset ovat vanhaa puuseppien hyväksi havaittuja ratkaisuja. Liitokset voivat olla niin sanotusti kiinteitä liitoksia, jotka liitetään valmiiksi rakenteiksi jo tehtaissa tai sitten huonekalut myydään tiiviisti pakattuina elementteinä, jotka asiakas itse liittää. Huonekaluissa rakenteiden liitoskohdat ovat yleensä ne, jotka kulutuksen ja rasituksen johdosta antavat periksi. Millainen liitos valitaan, riippuukin siitä, kuinka suuri rasitus siihen kohdistuu. Lisäksi valitun liitostyyppin tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja helposti valmistettava. Yleisimpiä puuliitoksia ovat tasoreikä-, lohenpyrstö-, pyöröreikä- ja loviliitokset. (Laakkonen 1996, 182).

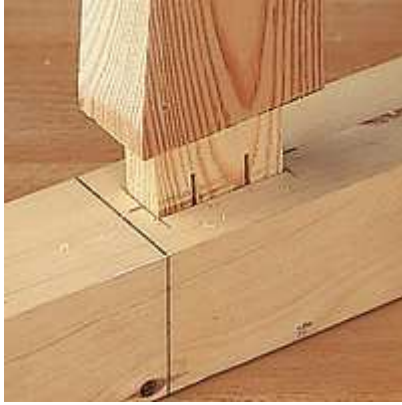
Perinteisiä liitoksia:



Kuva 20: Lohenpyrstöliitos (Tee itse – kotisivu [viitattu 11.12.2009])



Kuva 21: Pyöröreikäliitos (Gör det selv – kotisivu [viitattu 11.12.2009])



Kuva 22: Tasoreikäliitos (*Tee itse – kotisivu [viitattu 11.12.2009]*)

5.3.2 Puun pintakäsittely

Puutuotteita voidaan pinnoittaa monin eri tavoin. Yleisimmät pinnoitusmenetelmät ovat maalaus tai lakkaus ja pinnoittaminen liimattavilla pinnoitteilla kuten puuviilulla tai muovikalvolla. Lisäksi puupinta voidaan käsitellä harjaamalla, hiekkapuhaltamalla, polttokäsittelyllä tai sitten sen pintaan voidaan painaa haluttuja kuvioita painovärein. (Koponen 1988, 123–125).

5.4 Lastuava työstö

Lastuavaksi työstöksi kutsutaan materiaalin muokkausta erilaisia teriä ja liikettä hyväksikäyttäen. Työstökoneeseen kiinnitetyllä liikkuvalla terällä lastutaan kiinteästä kappaleesta irti lastuja ja näin saadaan aikaan halutun muotoisia kappaleita. Yleisimpiä lastuavan työstön menetelmiä ovat poraaminen, hiominen, sorvaus ja jyrshintä. Keskeisiä termejä lastuavassa työstössä ovat pyörimis-, syöttönopeus, lastuamissyvyys ja lastuavan terän muoto ja muut ominaisuudet. Nykyaikaiselle lastuavalle työstölle ovat olennaisia erilaiset järeät pitkälle automatisoidut koneet, joilla pystytään valmistamaan mittatarkkoja kappaleita. Lastuavan työstön menetelmät soveltuvat niin metalli-, muovi- ja puutuotteiden valmistusmenetelmiksi, ja siksi esittelen ne omana kokonaisuutena. Nykyaikainen lastuava työstö eri menetelmineen on pitkälti automatisoitu ja sitä ohjataan ns. numeerisesti. Alla esiteltävien lastuavan työstön menetelmien lisäksi perinteisiä tämän kategorian menetelmiä ovat poraus, sahaus, hionta ja höyläys.

5.4.1 Numeerinen ohjaus

Numeerisesti ohjattuja työstökoneita kutsutaan CNC tai NC-koneiksi. Lastuavan työstön osalta pystytään esimerkiksi konepajan sorveja ja jyrsimiä ohjelmoimaan niin, että ne suorittavat jatkuvana sarjana mittatarkkoja työvaiheita, ilman ihmisen välitöntä puuttumista prosessiin. Pitkälle viety ohjelmointi ja automatisointi mahdollistavat tehokkaamman tuotannon, pienemmät tuotantokustannukset ja tasalaatuisen, mittatarkan lopputuloksen aikaansaamisen. Numeerisesti ohjattu kone voi olla käytännössä mikä tahansa työkone, jonka liikkeitä ohjataan sähköisesti. Nykyään CNC-koneiden ohjelmointi tapahtuu erillisten tietokoneohjelmien avulla, joilla pystytään suunnittelemaan etukäteen työstöradat ja käytettävät työkalut. (Ansaharju 1988, 384–387).

5.4.2 Sorvaus

Sorvaamalla valmistetaan monenlaisia yleensä poikkileikkaukseltaan pyöreitä kappaleita. Sorvattava kappale kiinnitetään sorvin istukkaan, joka pyörittää sitä akselinsa ympäri. Pyörivään kappaleeseen ohjataan itse sorvin terä, joka lastuaa kappaleesta halutun määrän ainesta. Sorvissa on yleensä kaksi vaihteistoa, joilla muunnellaan niin kappaleen pyörimisnopeutta kuin terän poikittaista syöttönopeutta. Sorvattaessa ominaisuuksiltaan erilaisia materiaaleja, oikeiden pyörimis- ja syöttönopeuksien hallinta on oleellista. Sorvaamalla saadaan aikaiseksi erilaisia lieriöitä, kierteitä, reikiä ja akseleita. (Autio 1992, 57–59).



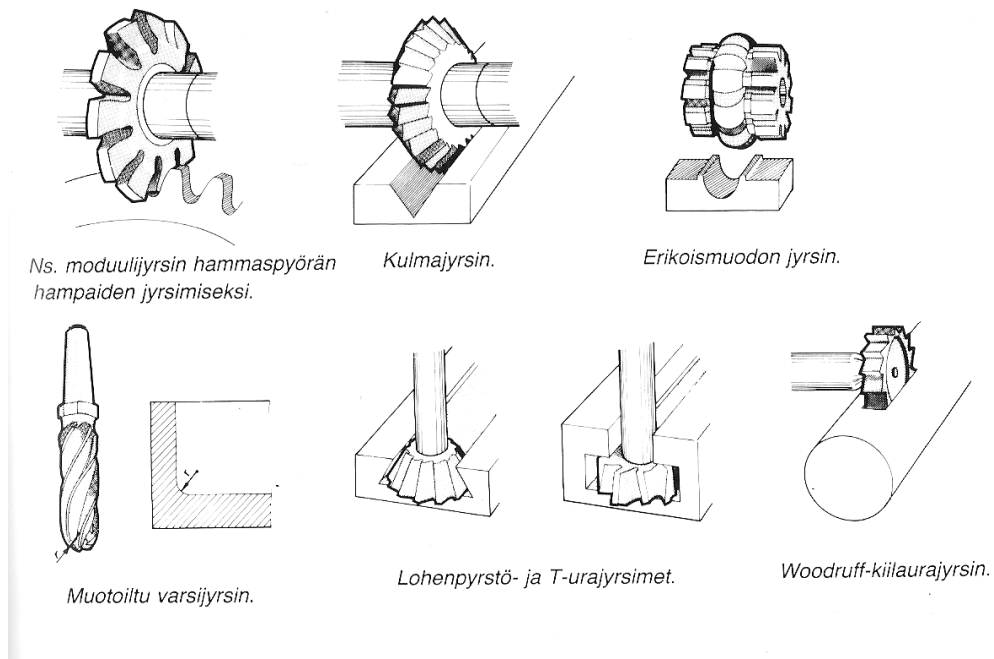
Kuva 23: CNC kärkisorvi (Seppo Martin Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.4.3 Jyrsintä

Jyrsimällä valmistetaan kappaleita, joissa on tasomaisia pintoja, uria, upotuksia ja reikiä. Jyrsiminen on lastuava työstömenetelmä, jossa pyörivää, tavallisesti monihampaista työkalua käyttäen irrotetaan lastuja työstettävästä kappaleesta (Ansaharju ym. 1988, 254).



Kuva 24: Jyrsin (Tampereen konepalvelu Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])



Kuva 25: Erilaisia jyrsimenterä

5.5 Nykyaikaisia uudenpolven valmistusmenetelmiä

Perinteisten valmistusmenetelmien lisäksi nykyään on tarjolla laaja kirjo uusia valmistusmenetelmiä. Uudet menetelmät perustuvat pitkälti tietokoneohjelmilla ohjattaviin pitkälle automatisoituihin laitteisiin.

5.5.1 Stereolitografia

Stereolitografia tekniikka on pikamallinnusmenetelmä. Stereolitografiaprosessi perustuu valokovetteisen epoksin kovettamiseen lasersädettä hyväksi käyttäen. Epoksi on hyytelömäistä nestettä, joka on sijoitettua altaaseen. Lasersäde kiertää ohjelmoidun radan hyytelön pinnalla, kovettaen sen. Altaan pohjalla oleva taso laskee millin kymmenyksen ja taas laser kiertää uuden kierroksen, muodostaen pikkuhiljaa halutun muotoisen kappaleen epoksihyytelön sisälle. Lopuksi epoksihyytelöstä valmistettu kappale puhdistetaan ja kovetetaan lopulliseen kovuuteensa UV-valon avulla. Stereolitografia mahdollistaa monimutkaisten kappaleiden valmistamisen ja sitä käytetään protomallien valmistukseen. Eri epoksihyytelöitä käyttäen pystytään

mallintamaan läpinäkyviä ja erivärisiä kappaleita. (Taideteollinen korkeakoulu [viitattu 2.12.2009]).



Kuva 26: Stereolitografiteknikalla mallinnettu kirkko (Flickr – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.5.2 Lasersintraus

Lasersintraus on valmistusmenetelmä, jolla voidaan lasersäteen avulla valmistaa niin muovisia kuin metallisiakin tuotteita. Pääasiassa lasersintratut muovi kappaleet ovat protomalleja. Lasersintratut metalliesineet taasen kestävät hyvin räsitusta, sintrattu teräs on miltei yhtä kovaa kuin valettu vastaava kappale.

Lasersintrausmenetelmä perustuu jauhemaisen metalli- tai muoviaineksen kovettamiseen lasersäteen avulla. Materiaalia lisätään noin 0,1-millimetrin kerroksissa, kerroslisäyksen jälkeen, laser kovettaa lisätyn aineksen. Lopputuloksena saadaan kolmiulotteinen kappale, joka voi olla protomalli tai valmis osa vaikkapa formula 1 auton moottorissa. Lasersintrauksen avulla voidaan valmistaa hyvinkin monimutkaisia kappaleita, jotka olisi mahdoton muilla menetelmillä valmistaa.



Kuva 27: Lasersintrattu metalliosa (Oulu PMC Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

5.5.3 Vesisuihkuleikkaus

Vesisuihkuleikkaus on mekaaninen materiaalin työstötekniikka, jossa nopeasti etenevä vesisuihku ohjataan ohuen suuttimen läpi materiaaliin. Suuttimen halkaisija vaihtelee 0,1 ja 0,4 mm välillä ja korkean paineen johdosta vesisuihku saavuttaa 2-3-kertaisen äänen nopeuden (Kotamies ja Nieminen 1991, 3). Vesisuihkuleikkauksen teho perustuu suureen veden virtaus nopeuteen ja suuttimen kapeuteen. Vesisuihkun osuessa materiaalinpintaan se irrottaa materiaalin ja huuhtelee sen pois työstökoneesta. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki ja Sihvonen 1995, 389).

Vesisuihkuleikkaus soveltuu parhaiten pehmeiden ja ohuiden materiaalien leikkaukseen. Paperi, pahvi, kumi, lasivilla, muovi ja lasikuitu ovat esimerkiksi materiaaleja, joita pysytään leikkaamaan vesisuihkun avulla. Kun vesisuihkuun lisätään niin sanottuja abrasiivisia hiovia hiukkasia, pystytään vesisuihkuleikkauksen avulla leikkaamaan myös kovempia aineita, kuten metallia ja keramiikkaa. (Kotamies ja Nieminen 1991, 3).

Eniten vesisuihkuleikkausta käytetään auto-, lentokone- ja paperiteollisuudessa. Lisäksi sitä käytetään myös metalli-, lasi-, kivenjalostus- ja rakennusteollisuudessa. Vesisuihkuleikkaus soveltuu puhtautensa vuoksi myös elintarviketeollisuuden tuotteiden valmistusmenetelmäksi. Automatiikan ja numeerisen ohjauksen vuoksi menetelmän avulla pystytään leikkaamaan erittäin vaikeita muotoja ja lisäksi aikaansaatu leikkausjälki on erittäin hyvä. Muita menetelmän etuja ovat pienet

työstövoimat, vähäinen pölynmuodostus, vähäiset ympäristöongelmat ja pienet käyttökustannukset. Leikattaessa kovempia materiaaleja vesisuihkuleikkauksen avulla, leikkausnopeuden hitaus saattaa osoittautua muihin valmistusmenetelmiin nähden ongelmaksi. (Kotamies ja Nieminen 1991, 3).

5.5.4 Lasertyöstö

Lasertyöstö on yksi nopeimmin kehittyvistä tekniikan aloista. Tietotekniikan kehittyminen on mahdollistanut myös laser säteen tehokkaan käytön monilla teollisuuden aloilla. Laserin avulla pystytään nykyään leikkaamaan, sulattamaan, poraamaan ja hitsaamaan materiaaleja. Laserleikkauksessa lasersäde sulattaa materiaalia leikkauskaasun yhteisvaikutuksesta. Sula materiaali puhalletaan pois leikkausurasta kaasuvirtauksen avulla ja näin saadaan aikaiseksi 0,1–0,6 millimetrin levyinen leikkausrailo. Hitsattaessa laserin avulla saadaan aikaiseksi tarkka ja tasalaatuinen hitsausauma, ja laserhitsaus on pitkälle automatisoituna nopea ja edullinen ratkaisu. Laserhitsausta käytetään paljon muun muassa autoteollisuudessa, jossa nopea hitsausprosessi lyhentää huomattavasti kokoonpanon aikoja. Laserporaus on yksi yleisimmin käytetyistä lasersovelluksista. Porattaessa laserin avulla ei esimerkiksi tarvita kuluvia poranteriä ja sillä pystytään poraamaan viistosti, jopa 90 asteen kulmassa. Laserporauksen toleranssit ovat myös erittäin pienet, pienimpien injektioruiskujen reiät on porattu laserilla. Ohjelmoidulla lasersäteellä voidaan myös suorittaa erilaisia merkkauksia eri materiaalien pinnoille. Lasermerkkauksen avulla voidaan kirjoittaa esimerkiksi erilaisten komponenttien pintaan hyvin pientä informaatio tekstiä. (Kujanpää ym. 2005, 21–29).



Kuva 28: Lasermerkkäus sopii myös nahka materiaalille (Palkinto Koivio Oy – kotisivu [viitattu 11.12.2009])

6 YHTEENVETO

Valitsin opinnäytetyöni aiheeksi teollisen muotoilun valmistusmenetelmät, koska halusin parantaa tietämystäni olemassa olevista valmistustekniikoista. Työni tavoitteiksi asetin mahdollisimman monen teolliselle muotoilijalle olennaisen valmistusmenetelmän tiiviin esittelyyn. Tarkoitus oli esitellä kukin valmistusmenetelmä niin, että lukijalle syntyisi käsitys tarjolla olevista menetelmistä.

Opinnäytteeni lopputulosta tarkastellessa voin todeta, että olen onnistunut rajaamaan eri valmistusmenetelmät selkeästi. Valmistusmenetelmät on jaoteltu loogiseen järjestykseen ja mielestäni jaottelu on myös perusteltua. Uskon työni myös toimivan hyvänä valmistusmenetelmien esittelyteoksena, jonka pohjalta lukija saa laajan kokonaiskuvan olemassa olevista valmistusmenetelmistä.

Laajasta aihealueesta huolimatta koen onnistuneeni alussa asettamieni tavoitteiden kohdalla. Tiedon määrä kunkin valmistusmenetelmän kohdalla on rajallinen, mutta mielestäni se kuitenkin riittää avaamaan menetelmän perusidean.

LÄHTEET

Kirjalliset:

Ansaharju, Tapani; Ilomäki, Osmo ja Maaranen Keijo 1988. Lastuava työstö. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Autere, Eugen; Ingman, Yrjö ja Tennilä, Paavo 1982. Valimotekniikka 1. Helsinki: Insinööritieto Oy

Autio, Arvo 1992. Metallityöt. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Ihalainen, Erkki; Aaltonen, Kalevi; Aromäki, Mauri ja Sihvonen, Pentti 1995. Valmistustekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Järvelä, Pentti; Syrjälä, Kai ja Vastela, Matti 1999. Ruiskuvalu. Tampere: TTKK-Paino.

Katainen, Harri ja Mäkinen, Armas 1989. Muovaava ja leikkaava työstö. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.

Koponen, Hannu 1988. Puutuotteiden pinnoitus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Kotamies, Juha ja Nieminen, Ilkka 1991. Abrasiivinen vesisuihkuleikkaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Kuikka, Kalervo ja Kunelius, Kauko 1993. Puutekniikka 2. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otavan painolaitokset.

Kujanpää, Veli; Salminen, Antti ja Vihinen, Jorma 2005. Lasertyöstö. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Kurri, Veijo; Malén, Timo; Sandell, Risto ja Virtanen, Matti 2002. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.

Laakkonen, Pekka 1996. Puutekniikka 1. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otavan painolaitokset.

Metalliteollisuuden Keskusliitto Oy 2001. Muovit ja kumit. Tampere: Tammer-Paino Oy

Ongelin, Petri 1986. Metalliteollisuuden Keskusliitto: Rullamuovaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Saarela, Olli; Airasmaa, Ilkka; Kokko, Juha; Skrifvars, Mikael ja Komppa, Veikko 2003. Komposiittirakenteet. Helsinki: Hakapaino Oy

Seppälä, Jukka 2005. Polymeeritekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.

Tunturi, Pirjo ja Tunturi, Pekka 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tampere: Tammer-Paino Oy

Tunturi, P.J. 1994. Suomen Galvanointitekniikan Yhdistyksen julkaisu nro. 4: Metallipinta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Väntinen, Juha 1989. Kivikirveestä tietotekniikkaan: Metallien käyttöönotto. Turku: Turun yliopiston offsetpaino.

Sähköiset:

Muoviteollisuus ry:n - kotisivu. Muoviteollisuus ry [viitattu 25.3.2009]. Saatavissa <http://www.muoviteollisuus.fi> > muoviteollisuus.

Valimoinstituutin – kotisivu. Valimoinstituutti [viitattu 10.11.2009]. Saatavissa <http://www.valuatlas.net> > tietomat > koosteet > seminaarit > Orkas_Valmistusmenetelman_valinta.pdf

Taideteollisen korkeakoulun – kotisivu. Virtuaali yliopisto [viitattu 2.12.2009]. Saatavissa <http://www.uiah.fi> > virtu > materiaalit > muovitekniologia > pikamallit > 01-10_sla-st.html

Oy Uddeholm Ab:n – kotisivu. Uddeholm [viitattu 11.12.2009]. Saatavissa <http://www.uddeholm.fi> > finnish > files > tyokaluterasten_kipinatyosto.pdf

Kuva materiaali

Ohion yliopisto – kotisivu. Ohion yliopisto [viitattu 11.12.2009]. Saatavissa <http://kaladarshan.arts.ohio-state-edu> > studypages > internal > Art_of_Korea > Images > Iron_Age_Tools.jpg

Intian hallituksen Merentutkimuslaitos – kotisivu. Intian hallitus [viitattu 11.12.2009]. Saatavissa <http://www.incois.gov.in> > Tutor > science+society > lectures > illustrations > lecture27 > jenny.jpg

Techtrek – kotisivu. Techreak [viitattu 11.12.2009]. Saatavissa <http://techtreak.com> > img > img_3321_apple-iphone-main_450x360.jpg

GF-tools oy – kotisivu. Gf-tools [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.kolumbus.fi> > gf-tools > images > 5.jpg

Jouka Oy – kotisivu. Jouka Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.jouka.fi> > kuvagalleria > AlihankintaIventtiili.jpg

Keskisuomalainen – kotisivu. Keskisuomalainen [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.ksml.fi> > multimedia > dynamic > 00026 > 5625851_jpg_26948b.jpg

Taideteollinen korkeakoulu- kotisivu. Taideteollinen korkeakoulu [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.uiah.fi> > virta > materiaalit > muovitekniologia > menetelmat > images > menet-01-00.jpg

Puteli Oy – kotisivu. Puteli Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.puteli.fi> > images > muovipullo.jpg

Finncont Oy – kotisivu. Finncont Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.finncont.com> > eng_images > haaroituskaivo.jpg

Vanttilan muovi Oy – kotisivu. Vanttilan muovi [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.vanttilanmuovi.fi> > suulakepuristus > extruder.jpg

Taideteollinen korkeakoulu – kotisivu. Ab Aga Oy Viitattu [11.12.2009]. Saatavilla <http://www.uiah.fi> > virta > materiaalit > muovitekniologia > menetelmat > images > menet-07-40.jpg

Ruukki Oy – kotisivu. Ruukki Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.ruukkihome.com> > fi > midcom-serveattachmentguid-1dd271029315210271011dda18a87221f5516b016b0 > t35-25w-1050_21.jpg.jpg

Edu – kotisivu. Edu [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www2.edu.fi> > materiaalipankki > files > orig > 192_kulmauskon.jpg

Edu – kotisivu. Edu [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www2.edu.fi> > materiaalipankki > files > orig > 192_pyoristyskone.jpg

FedEx Oy – kotisivu. FedEx Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.fredex.fi> > kuvat > leikkuri1.JPG

Seppo Martin Oy – kotisivu. Seppo Martin Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.seppomartin.fi> > Resources > cnc.png

Tampereen konepalvelu Oy – kotisivu. Tampereen konepalvelu Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.tampereenkonepalvelu.fi> > @Bin > 102748 > 102748.jpg

Tee itse – kotisivu. Tee itse [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.teeitse.com> > bohpb > road > Classic > Shared > bildbank > gds > projekter > DKGDS042005_Svalehaler_170.jpg

Gör det selv – kotisivu. Gör det selv [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.goerdetselv.dk> > bohpb > road > Classic > Shared > bildbank > gds > projekter > DKGDS112004_tapsamling_200.jpg

Flickr – kotisivu. Flickr [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://farm3.static.flickr.com> > 2351 > 1983313765_bc72b9e9a3_o.jpg

Oulu PMC Oy – kotisivu. Oulu PMC [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.oulupmc.fi> > docs > graf > RP-directpart.jpg

Palkinto Koivio Oy – kotisivu. Palkinto Koivio Oy [viitattu 11.12.2009]. Saatavilla <http://www.palkinto-koivio.fi> > upload > tuotteet > Nahka-tuottet.jpg