

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotekehitys

Opinnäytetyö

Kimmo Pyykkö

**MOOTTORIN IMUKÄYRIEN VALMISTAMINEN MUOVIN ROTAATIOVALUA
KÄYTTÄEN**

Työn ohjaaja

Kaarlo Koivisto

Työn teettäjä

Sandvik Tamrock Oy, valvojana Ari Haavisto

Tampere 2008

Tiivistelmä

Uusien materiaalien ja niiden ominaisuuksien tutkiminen on yrityksille erittäin tärkeää. Tämä työ oli täysin tuotekehitystyö, ja tarkoitus oli tutkia muovin rotaatiovalulla tehtyjen kappaleiden soveltuvuutta moottorin imukäyriksi. Tarkoitus on myös esitellä suunnittelijoille muovi materiaalina, jotta he pystyvät ajattelemaan sitä jatkossa yhtenä materiaalivaihtoehtona.

Työssä on esitelty muovit aivan muovin sen pienimmistä osista monomeereistä ja polymeereistä lähtien. Lisäksi on kerrottu niiden eri jaotteluista. Muovien tärkein jaottelu on jako kerta- ja kestopuoveihin. Koska rotaatiovalulla tehdyt kappaleet ovat kestopuovia, on työssä paneuduttu tarkemmin kestopuovien tärkeimpiin ominaisuuksiin.

Jotta muoveja osaa käyttää ei kohteissa, on erittäin tärkeää tuntea niiden eri työstömenetelmät. Työssä on kerrottu niistä yleisimmät eli ruiskuvalu, suulakepuristus ja rotaatiovalu. Jokaisella työstömenetelmällä pystytään tekemään hieman erilaisia muovikappaleita.

Lopuksi on kerrottu työssä käytetyistä laitteista sekä itse työn tekemisestä. Olennaista on oikean materiaalivalinnan löytäminen. Lisäksi oli selvitettävä, onko tähän kohteeseen rotaatiovalu oikea työstömenetelmä ja pystytäänkö rotaatiovalulla ja sen ominaisuuksilla saavuttamaan kaikki tarpeellinen mitä moottorin imukäyrät vaativat.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Product development

Pyykkö, Kimmo

Engineering Thesis

Supervisor

Commissioning

Company

Keywords

Induction pipes manufacturing for using rotation moulding

24 pages, 0 appendices

Kaarlo Koivisto

Sandvik Tamrock Oy. Supervisor: Ari Haavisto

Plastic, rotation moulding

Abstract

For many companies it's very important to research new materials and their features. The purpose of this work is to research a rotation moulding suitability for the engine induction pipe. The purpose of this work is also to introduce plastic in a new perspective.

The smallest particles of plastics have been introduced in the beginning of the work: monomers and polymers. Also some classifications are referred to according to which plastic has been sorted. The most common way to divide plastic is to divide into thermoplastic and cold-set. Thermoplastic is more important in this work, because it is also a form that has been used in a rotation moulding.

It is very important to know the most common plastic processing methods. This work introduces die-casting, extrusion and the rotation moulding.

Finally there is an overview the equipment that have been used and the work itself. It is important to choose the right material and know how to get into it. It is also important to clarify whether the rotation moulding can achieve all the properties that the induction pipes needed.

LYHENTEET

PS-E	= Solupolystyreeni
PP-H	= Homopolymeeri
PP-C	= Polypropeeni -kopolymeeri
PE-LD	= Pientiheyspolyeteeni
PE-LLD	= Lineaarinen pientiheyspolyeteeni
PE-HD	= Suuritiheyspolyeteeni
PA 12	= Polyamidi (Luku perässä kertoo toistuvan jakson hiiliatomien lukumäärän)
S/B	= Iskuluja polystyreeni
PS	= Polystyreeni
ABS	= Akryylinitriilibutadieenistyreeni
SAN	= Lasinkirkas kopolymeeri
SEBS	= Styreeniblokkipolymeeri
PMMA	= Polymetyylimetakrylaatti
TPU	= Polyuretaanielastomeeri
PC	= Polykarbonaatti
PBT	= Polybuteenitereftalaatti
PET-A	= Polyeteenitereftalaatti
POM	= Polyoksimeteeni
PVC	= Polyvinyylidikloridi
PSU	= Polysulfoni
LCP	= Nestekidemuovit

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET

SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
1.1 Tutkintotyön aihe ja tavoitteet	6
1.2 Sandvik Tamrock	6
2 Teoria	7
2.1 Polymeerit	7
2.2 Muovit	9
2.2.1 Kestomuovit	9
2.2.2 Kestomuovien ominaisuudet	9
2.2.3 Kertamuovit	13
2.3 Muovien työstömenetelmät	13
2.3.1 Ruiskuvalu	14
2.3.2 Ekstruusio eli suulakepuristus	15
2.4 Muovin rotaatiovalu	16
3 Työn tekeminen	17
3.1 Työn lähtökohdat	17
3.2 Työn suoritus	19
3.3 Materiaalin valinta	21
4. Tulosten analysointi	22
Lähteet	24

1 JOHDANTO

1.1 Tutkintotyön aihe ja tavoitteet

Tämän tutkintotyön aihe on muovin rotaatiovalun tutkiminen ja sen hyödyntäminen Sandvik Tamrockissa. Päälähtökohta on, että Sandvik Tamrockin kivimurskainlaitteiden moottorien imukäyrät pystyttäisiin toteuttamaan muovin rotaatiovalulla. Kyseessä on siis puhdas tuotekehitystyö.

Tarkoitus on myös saada suunnittelijoille tietoa muoveista, jotta he voivat ajatella sitä heti yhtenä materiaalivaihtoehtona sekä rotaatiovalua valmistusmenetelmänä. Muovit ovat aika vieras materiaali puhtaassa konetekniikkaympäristössä, mutta nykyisillä työstömenetelmillä ja muovien ominaisuuksilla saadaan erittäin toimivia komponentteja. Jotta muoveja pystytään käyttämään oikein ja oikeaan tarkoitukseen, on oltava selvillä muovien ominaisuuksista ja perusteista. Tämän takia teoriaosiossa on kerrattu paljon yleistä asiaa muoveista ja niiden eri ominaisuuksista.

1.2 Sandvik Tamrock

Sandvik Tamrock (aik. Tampella) on vuonna 1856 perustettu kansainvälinen metalliteollisuuskonserni, joka on johtava teknisten ratkaisujen, laitteiden ja palvelujen toimittaja kaivos- ja urakointiteollisuudelle. Tänä päivänä se kuuluu Sandvik-konserniin. Vuoden 1997 lopulla ruotsalainen Sandvik-konserni osti enemmistön Tamrockin osakkeista ja sen seurauksena Tamrockin pörssinoteeraus lopetettiin. Uusi liiketoiminta alue, SMC (Sandvik Mining and Monstruction), eli Tamrock yhdistettynä Sandvik Rock Toolsiin, aloitti virallisesti toimintansa 1.4.1998. /2/

Sandvikilla on yli 300 tytäryhtiötä 130 maassa ja henkilöstön määrä yli 37 000.

Sandvik Mining and Construction koostuu viidestä erillisestä tuotealueesta:

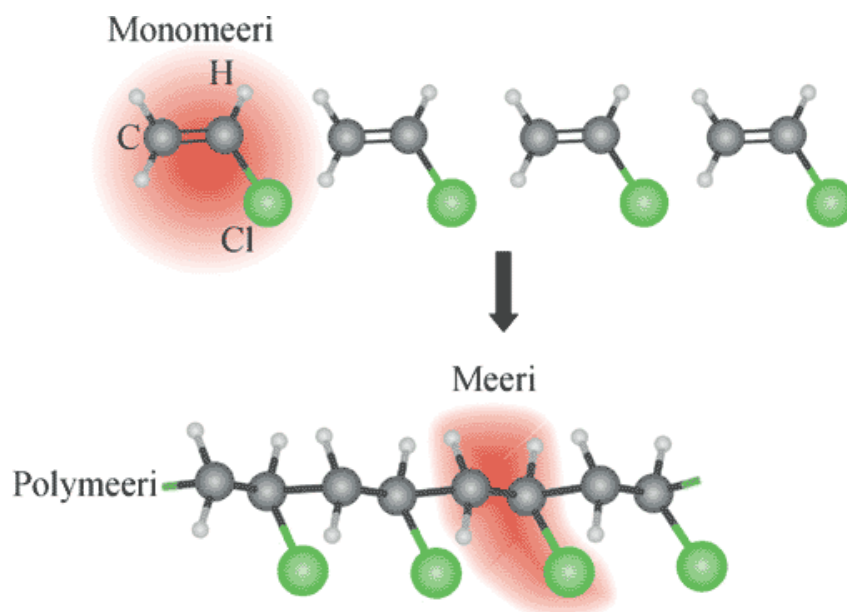
- Sandvik Tamrock
- VA-Eimco
- Driltech mission
- Sandvik material handling
- Sandvik rock processing. /2/

2 TEORIA

Teorian alussa kerrotaan lyhyesti lähes kaikkein pienimmästä osasta muoviteollisuudessa eli polymeereistä. Tämän jälkeen kerrotaan hieman muoveista ja niiden käyttökohteista sekä työstötavoista. Lopuksi kerrotaan tämän opinnäytetyön osalta kaikkein tärkeimmästä muovin työstöstä eli rotaatiovalusta.

2.1 Polymeerit

Polymeerit ovat yhteen liittyneistä pienemmistä rakenneyksiköistä eli monomeereista koostuvia suuria molekyyliä (kuva 1). Monomeerien lukumäärä voi vaihdella. Yleensä yhdessä polymeerimolekyylissä on vähintään satoja tai tuhansia monomeerimolekyyliä liittyneinä toisiinsa. /4/



Kuva 1. Monomeerien polymeroituminen /3/

Polymeerien käyttö on hyvin monipuolista. Omiksi osa-alueikseen voidaan luetella seuraavat päätuotealueet:

- synteettiset polymeerit ja muovit
- luonnonpolymeerit ja niiden modifiointi
- elastomeerit
- liimahartsit
- maalit ja lakat
- muovikomposiitit. /4/

Polymeerit voidaan jakaa ryhmiin alkuperän, rakenteen, ominaisuuksien, käyttötarkoituksen, kiteisyyden ja monomeerien liittymistavan perusteella. Yleisin luokittelu on jakaa polymeerit alkuperänsä mukaan kolmeen ryhmään:

- Luonnonpolymeerit
 - tavallisimmat luonnossa esiintyvät polymeerit ovat polysakkaridit, kuten selluloosa ja tärkkelys, proteiinit, kautsu, ligniini ja useat luonnonhartsit. /4/
- Muunnetut luonnonpolymeerit eli puolisynteettiset polymeerit
 - Nämä valmistetaan luonnonpolymeereistä kemiallisella käsittelyllä. Esimerkkeinä voidaan mainita selluloosanitraatti, selluselluloosa-asetaatti, etyylliselluloosa, karboksimeytylliselluloosa, kaseiinimuovi, eboniitti ja kloorattu luonnonkumi. /4/
- Synteettiset polymeerit
 - Synteettisten polymeerien raaka-aineina ovat kemian teollisuuden tuottamat pienimolekyyliset monomeerit, jotka polymerointiprosessissa liitetään yhteen makromolekyyleiksi. Nykyisin eniten käytetyt muovit, polyeteeni, polyvinyylidikloridi ja polypropeeni, ovat petrokemian jalostusketjuihin liittyviä synteettisiä tuotteita. /4/

Muovit ovat yksi tärkeä teknisesti käytettävien polymeerien ryhmä. Vain harvat polymeerit kuitenkaan soveltuvat sellaisenaan muovituotteiden valmistukseen. Perusjako muovien välillä tehdään niiden muovausominaisuuksien perusteella kesto- ja kertamuoveihin. Tässä opinnäytetyössä kestopuovit ovat oleellisena, koska ne sopivat rotaatiovalulla työstettäväksi.

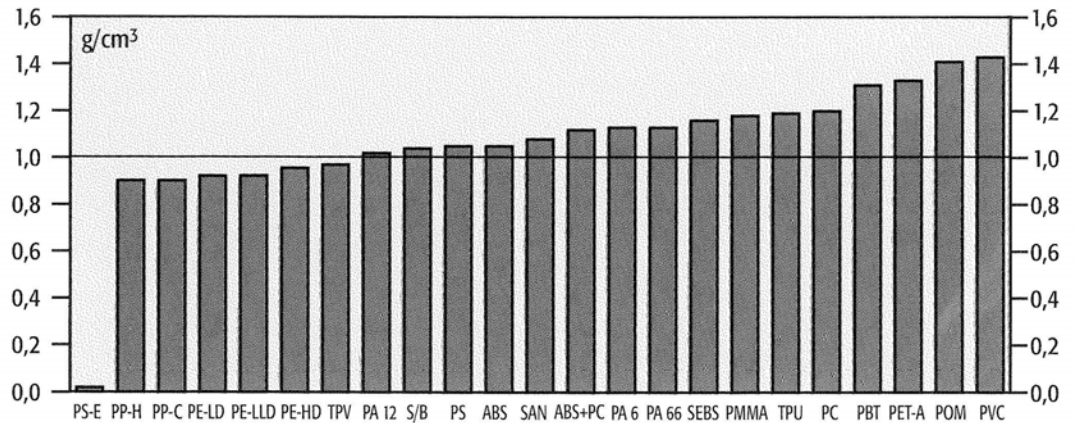
2.2.1 Kestomuovit

Kestomuovien molekyylit ovat pitkiä polymeeriketjuja, joiden välillä ei ole kemiallisia sidoksia. Molekyylejä yhdessä pitävät voimat heikkenevät, kun muoveja lämmitetään ja vahvistuvat muoveja jäädytettäessä. Tästä johtuen kestopuovit työstetään lämmön ja paineen avulla tuotteiksi. /1/

Muovit hankitaan tehtaalle valmiina polymeerinä yleisimmin granulaatteina, joskus jauheena tai muussa muodossa. Osa yrityksistä työstää tuotteita puolivalmisteista lähtien, esimerkiksi muovilevyistä ja vastaavista. Kuten nimikin jo kertoo, kestopuovit voidaan aina sulattaa ja työstää uudelleen muotoonsa. Kestomuovien valmistus on yleensä pitkälle automatisoitua kappaletavaratuotantoa tai jatkuvaa ratana syntyvää tuotetta. /1/

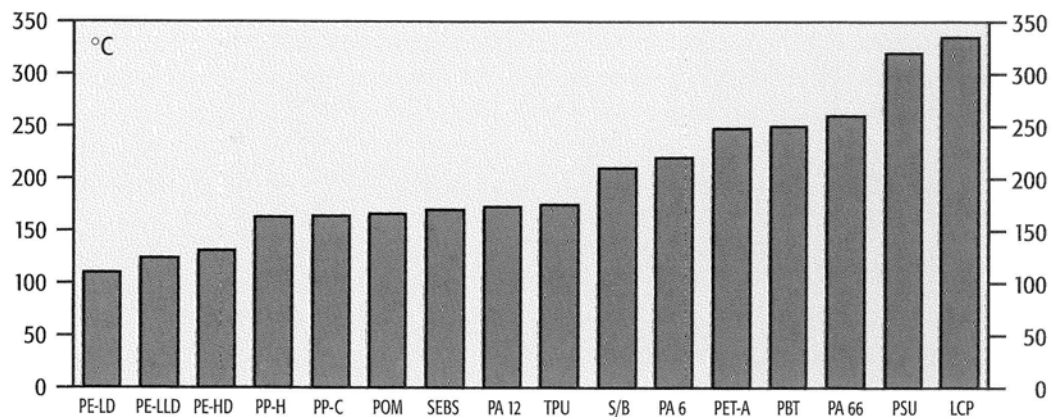
2.2.2 Kestomuovien ominaisuudet.

Seuraavissa kuvissa (kuvat 2-7) on esitetty kestopuovien tärkeitä ominaisuuksia joita tarkastellaan paremmin työn suorituksen yhteydessä.



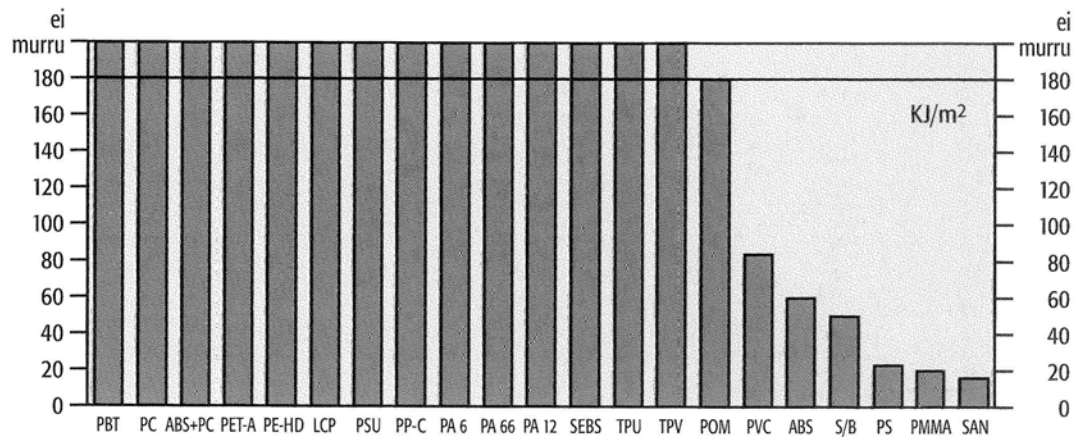
Kuva 2. Muovien tiheyksiä /1/

Erittäin tärkeä ominaisuus polymeereille on tiheys. Tiheys 1 vastaa veden ominaispainoa.



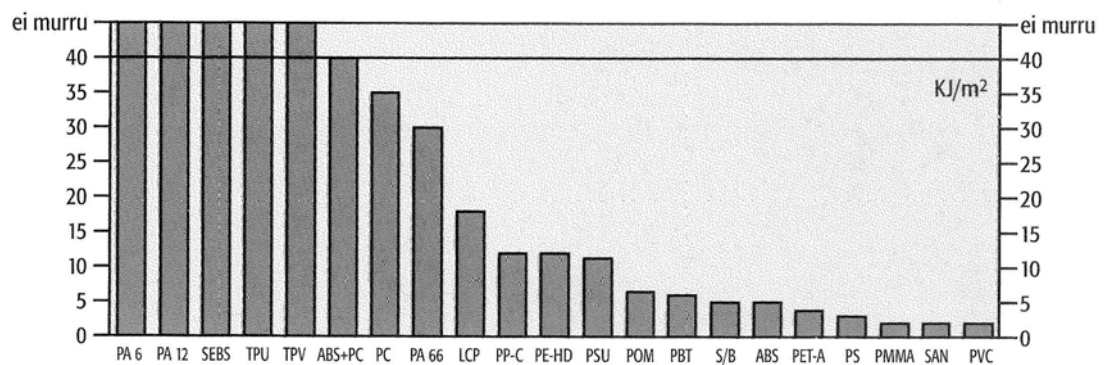
Kuva 3. Muovien sulamispisteitä /1/

Vain osakiteisille muoveille voidaan määrittää tarkka sulamispiste. Sulamispiste on tämän työn kannalta kuitenkin ratkaisevassa osassa, koska liikutaan korkeissa lämpötiloissa.



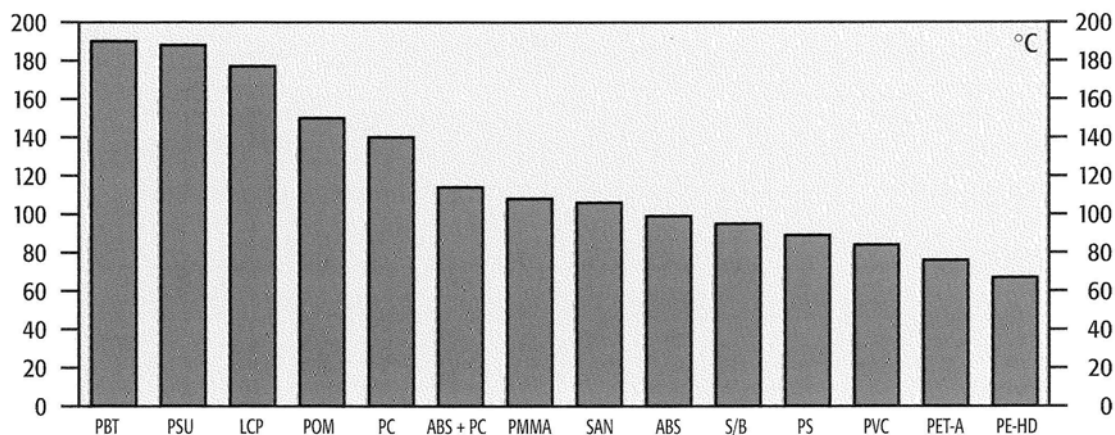
Kuva 4. Muovien Charpy-iskulujuuksia /1/

Iskulujuustesti on Charpy-menetelmän mukainen heiluritestä 4 mm paksuiselle kappaleelle. Sitkeät materiaalit kestävät siinä murtumatta, joten niitä vertaillaan usein lovetun iskulujuuden avulla. /1/



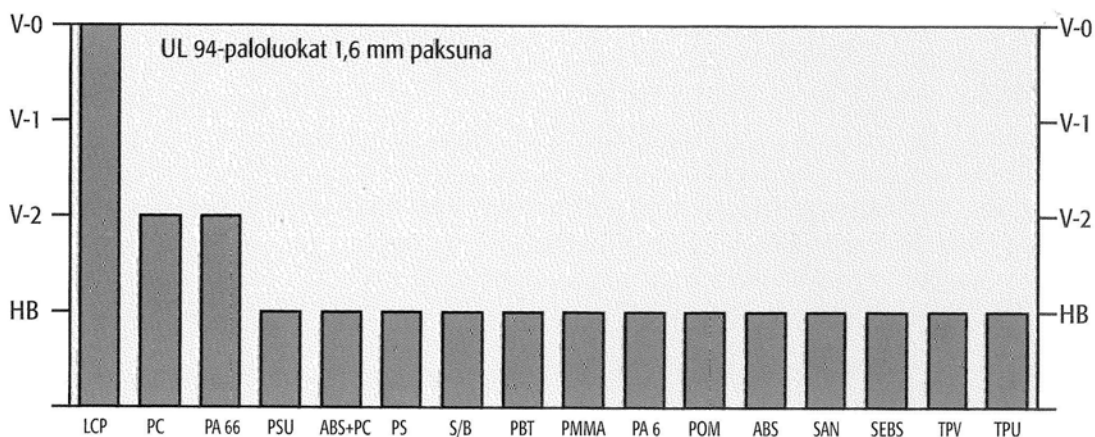
Kuva 5. Muovien lovettuja Charpy-iskulujuuksia /1/

Lovettu iskulujuustesti tehdään myös Charpy-menetelmällä, mutta siinä jyrksitään koekappaleeseen iskukohtaan vastapuolelle kärjestään 0,25 mm:n säteinen V-muotoinen lovi. /1/



Kuva 6. Muovien lyhytaikainen lämmönkestävyys. /1/

Lyhytaikaista lämmönkestävyyttä mitataan Vicat-pehmenemislämpötilan avulla ISO 306:n mukaisesti. Sen B-testissä naulan neliömillimetrin suuruista kärkeä painetaan öljyhauteessa koekappaleeseen 50 N voimalla ja samalla nostetaan lämpötilaa. Vicat-arvo on se lämpötila, jossa naula tunkeutuu muoviin 1 mm syvälle. /1/



Kuva 7. Muovien palaminen /1/

Muovien palamistesti UL Safety Standard 94 määrittelee luokittelullaan muovien palo-ominaisuudet. Sitä vastaa suurelta osin standardi ISO 1210.

Horisontal Burning (HB) -koe tehdään vaakatasossa. Saadakseen HB-luokituksen liekki ei saa materiaalista tehdyssä koesauvassa edetä yli yhden tuuman 30 sekunnin aikana, muuten luokitus on ”no”. UL 94 V -luokitustesti tehdään

pystysuorassa. Bunsenpolttimen annetaan kahdesti 10 sekunnin ajan vaikuttaa muoviin. Luokitukset jakautuvat seuraavasti:

V-0 = Sauva jatkaa palamistaan alle 10 sekuntia ja hehkuu alle 30 sekuntia eikä sytytä palavilla pisaroillaan sauvan alle aseteltua pumpulia.

V-1 = Sauva jatkaa palamistaan 10–30 sekuntia, muuten kuin V-0

V-2 = Alle asetettu pumpuli syttyy, muuten kuin V-1. /1/

2.2.3 Kertamuovit

Kertamuovi on polymeeri, jonka polymerointi valmiiksi tuotteeksi on kemiallinen reaktio. Ilmiötä kutsutaan kovettumiseksi. Nestemäistä, kovettamatonta esipolymeeriä kutsutaan hartsiksi. Kovettuminen saadaan aikaan kemiallisen kovettajan, lämmön tai UV-valon avulla. Kertamuovituotetta ei voi muovata uudelleen. /1/

2.3 Muovien työstömenetelmät

Lopullinen muovituotteiden valmistustapa riippuu siitä, kuuluuko käytettävä polymeerimateriaali kerta- vai kestumuoveihin. Kestumuovien työstön aikana ei yleensä tapahdu enää polymeroitumisreaktioita, vaan lopullisessa muodossaan oleva polymeeriraaka-aine kuumennetaan pehmeäksi massaksi ja työstetään sitten haluttuun muotoon. Kertamuovien työstön aikana raaka-aineina käytetyt monomeerit verkkoutuvat suuriksi molekyyli-rakenteiksi, joiden muotoa ei voida enää muokata uudelleen kuumentamalla. Seuraavassa on esitelty lyhyesti muovien kaksi tärkeintä työstömenetelmää: ruiskuvalu ja suulakepuristus. Lisäksi rotaatiovalu on omana osanaan.

2.3.1 Ruiskuvalu

Ruiskuvalu on kaikkein yleisin polymeerimateriaalien työstömenetelmä.

Ruiskuvalu sopii seuraaville polymeereille:

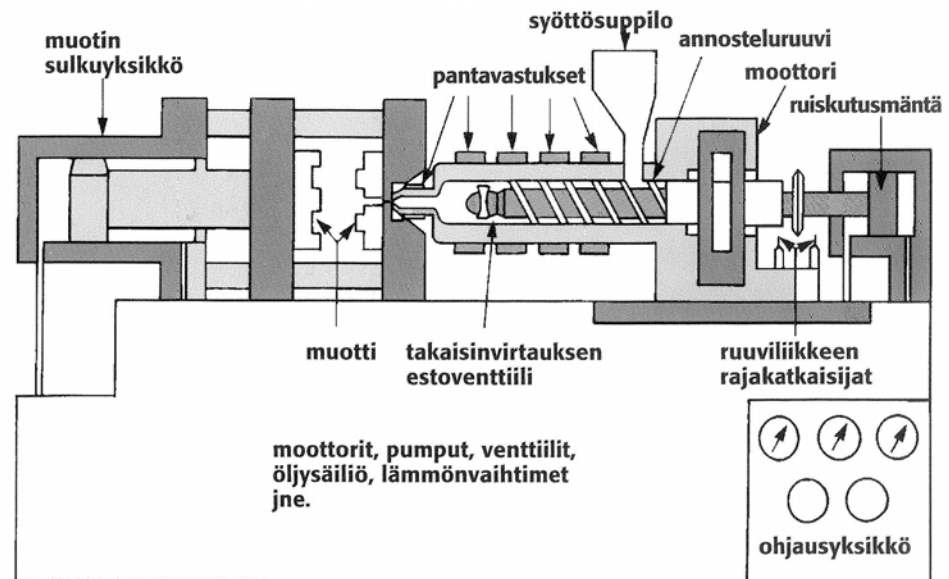
- kestopuovit
- kertamuovit
- elastomeerit
- kumit
- komposiitit
- solustetut muovit. /4/

Ruiskuvalutekniikan oleellisin osa on hyvin suunniteltu ja valmistettu muotti.

Ruiskuvaluprosessin hallinnalla voidaan vaikuttaa mm. pinnan laatuun, geometriseen muotoon ja materiaalin mekaaniseen sekä kemialliseen kestävyYTEEN.

Ruiskuvalutapahtuma voidaan erotella seuraaviin peräkkäisiin vaiheisiin:

1. Muotin sulku: ruiskuvalukone sulkee muottipuoliskot ja muodostaa tarvittavan sulkupaineen.
2. Ruiskutus: Muovisula ruiskutetaan tavallisesti suurella nopeudella muottiin. Tällöin täytetään muotin tilavuudesta noin 90–95 %
3. Jälkipaine täyttää loput muottipesästä ja kompensoi muovin kutistuman.
4. Annostus: Ruiskuvalukoneen sylinteriin annostellaan uusi muovierä pyörittämällä ruuvia. Tällöin materiaali plastisoituu kitkalämmön ja lämpövastusten ansiosta ja on valmis seuraavalla työkierrolla muottiin.
5. Jäähdytys: Valmistettavan muovituotteen jäähdyminen alkaa varsinaisesti jälkipaineen loputtua. Tavallisesti jäähdytysaika on vaiheista pisin.
6. Muotin avaus: Ruiskuvalukone avaa muottipuoliskot
7. Ulostyöntö: jäähdytynyt kappale poistetaan muottipesästä.
8. Tauko aika: kappaleet putoavat muottipuoliskojen välistä. Taukoajan jälkeen alkaa uusi jakso. /4/



Kuva 8. Ruiskuvalukoneen osat /5/

Tavallisesti ruiskuvalukoneesta esitetään neljä toiminnallista osaa (kuva 8):

- sulkuyksikkö
- ruiskutusyksikkö
- ohjausyksikkö
- hydraulisyksikkö /4/

2.3.2 Ekstruusio eli suulakepuristus

Ekstruusio eli suulakepuristus on useiden muovituotteiden valmistuksen perusmenetelmä. Suulakepuristimia on kahta perustyyppiä, yksiruuvi- ja kaksiruuviekstruuderia. Useimpien kestumuovien työstössä on käytössä yksiruuvipuristin.

Suulakepuristimessa sylinterin sisällä pyörivä ruuvi plastisoi muovin käyttäen apunaan painetta, kitkaa ja sylinterin seinämästä johtuvaa lämpöä. Ruuviin kierteiden väliin jäävä tilavuus pienenee kohti kärkeä ja saa aikaan plastisoituvan raaka-aineen paineen nousun. Ruuvien kierrosnopeus aiheuttaa raaka-aineeseen sitä enemmän kitkaa, mitä suurempi kierrosnopeus on. /4/

2.4 Muovin rotaatiovalu

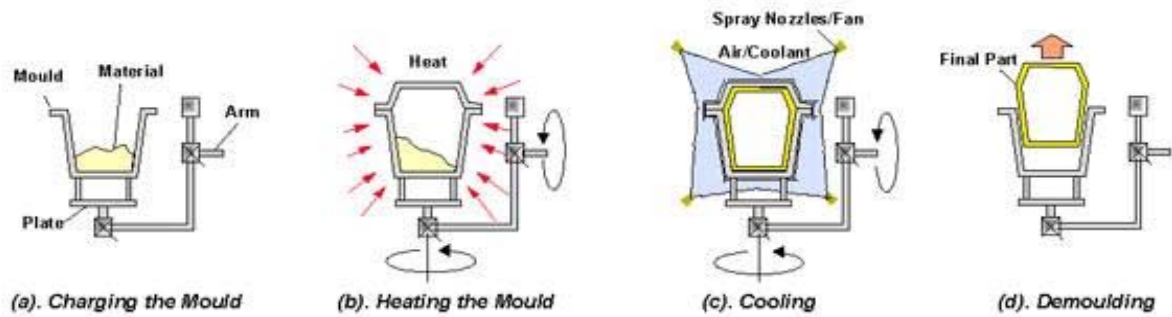
Rotaatiovalu tarjoaa aivan uudenlaisen vaihtoehdon muovin työstämiselle. Sillä on mahdollista toteuttaa muovista monipuolisia tuoteratkaisuja. Ratkaisuja, joihin ei perinteisesti tule suunniteltua muovia materiaaliksi. Käytettävät muovit ovat ympäristöystävällisiä ja kierrätettäviä. Yleisesti rotaatiovalulla tehdään pieniä sarjoja suuria ontelomaisia kestumuovisia kappaleita. Nykyisin NC-koneistetut mallineet ja niiden avulla valetut alumiinimuotit antavat kohtalaisen siistin ja tarkan lopputuloksen, siksi menetelmällä tehdään mm. ajoneuvon-osia kuten tässäkin opinnäytetyössä. Käytettävät muotit ovat edullisia, koska ne ovat yksinkertaisia ja menetelmä on paineeton.. Käytettävät raaka-aineet ovat kestumuovit esim. PE-HD, PE-MD, PE-LD./6/

Rotaatiovaluprosessissa jauhemainen raaka-aine syötetään muottiin. Muotti suljetaan ja laitetaan pyörimään sekä vaaka- että pystyakselinsa ympäri, jolloin jauhe jakaantuu tasaisesti muotin seinämille. Samalla muottia lämmitetään joko uunissa tai sen lämmitys tapahtuu vaipassa olevien vastuksien avulla. Lopuksi muotti jäähdytetään yhä pyörien ja kappale poistetaan (kuva 9).

Rotaatiovalulla valmistetuissa tuotteissa on tasainen seinämänpaksuus. Siinä ei ole jännityksiä eikä valukanavia ja tuotteen kulmakohdat ovat vahvoja verrattuna muilla menetelmillä valmistettuihin tuotteisiin. Lisäksi rotaatiovalulla toteutetut kappaleet ovat saumattomia. Kappaleisiin on erittäin helppo tehdä aukkoja, kierteitä ja inserttejä. Lisäksi niihin pystytään helposti painamaan yrityksen tunnuksia ja logoja. Rotaatiovalulla valmistetut tuotteet eivät voi olla kovin teräväsärmäisiä, ja niissä tulee välttää kapeita ja syviä syvennyksiä tai ulkonemia.

Rotaatiovalumuotit ovat teräslevystä tai alumiinista valmistettuja.

Alumiinimuotteihin on mahdollista tehdä vaativampia muotoja ja niiden avulla saa monipuolisempia pinnanlaatuja tuotteisiin kuin teräsmuoteilla.



Kuva 9. Rotaatiovaluprosessi /6/

3 TYÖN TEKEMINEN

3.1 Työn lähtökohdat

Tämän tutkintotyön lähtökohtana oli tutkia muovin rotaatiovalun mahdollisuuksia moottorin imukäyrissä sekä muissa mahdollisissa osissa. Tarkoituksena oli tuoda suunnittelijoille myös muovi tutuksi - ja vaihtoehtoiseksi materiaaliksi.

Alun perin idea lähti Valtran traktoreista, joissa on käytetty kestumuovia useassa eri paikassa työstettynä rotaatiovalulla (kuva 10 ja kuva 11).



Kuva 10. Kestomuovin käyttöä maatalouskoneessa



Kuva 11. Kestomuovin käyttöä maatalouskoneessa

Rotaatiovalutuotteet on tarkoitus tehdä alihankintana Motoral Oy -nimisessä yrityksessä. Tamrock on tehnyt myös aikaisemmin paljon yhteistyötä kyseisen yrityksen kanssa. Motoral Oy:llä on oma muottisuunnittelu ja valmistus. Lisäksi heillä on oma koestuslaboratorio. Näin kaikki tarvittava osaaminen saadaan yhdestä yrityksestä.

3.2 Työn suoritus

Kun tuotekehitysprojekteissa otetaan käyttöön ns. uusi materiaali, pitää sille ehdoiksi antaa tietyt ominaisuudet. Haettavat ominaisuudet materiaalille on lämmön-, paineen- ja öljynkesto. Tässä tapauksessa paine on alipainetta. Ehtona on myös, että osat ovat helposti liitettävissä toisiinsa sekä vaihdettavissa. Materiaali täytyy myös pystyä työstämään tietyn muotin mukaan eli siinä pitää voida olla mutkia tiheästi tietyllä säteellä.

Materiaalin lämpötilan kesto on erittäin tärkeä ominaisuus, koska varsinkin imukäyrät ovat korkeassa lämpötilassa turbon läheisyydessä. Käytetty lämpötilamittausanturi oli Tinytag Plus TGP-0204 (kuva 12). Kyseisen laitteen mittausväli on $-200\text{ °C} - +100\text{ °C}$. Kyseinen anturi on siinä mielessä huono, että se mittaa ainoastaan $+100\text{ °C}$:seen asti.



Kuva 12. Tinytag Plus TGP-0204 -lämpötilamittausanturi

Tästä syystä lämpötiloja ja niiden muuttumista turbon läheisyydessä on mitattu Teston quicktemp 825-t4 -pintalämpötilamittarilla (taulukko1, kuva 13). Mittauksen voi suorittaa joko laserilla tai kosketuspinnalla.

Taulukko 1. Testo quicktemp 825-t4 pintalämpömittarin tiedot

Testo quicktemp 825-t4		
Mittaustapa	Laser	Kosketuspinta
Mittausalue	-50 °C - +400°C	-50 °C - +250°C
tarkkuus	0.5 °C	0.1 °C
virhe	±2 °C tai 2 %	±1 °C tai 1 %
vastausaika	< 2s	n. 5s



Kuva 13. Testo quicktemp 825-t4 -pintalämpömittari

Lämpötilan mittauspaikkana toimi Sandvik Tamrockin säätöhuone. Säätöhuoneen sisälämpötila 25 °C. Eri puolilta turbon ympäristöstä mitattuna lämpötila oli 35–36 °C. Itse turbon pintalämpötila oli 202 °C. Tästä päästään tulokseen, että turbon läheisyydessä lämpötila laskee heti huomattavasti, mutta rotaatiovalulla tehdyt muoviosat eivät voi olla kiinni suoraan turbossa, vaan välillä täytyy olla kappale, joka johtaa lämmön pois. Kuvasta 6 nähdään, että on olemassa useita teknisiä muoveja, jotka kestävät hetkellistä lämpöä pitkälle toiselle sadalle asteelle.

Rotaatiovalussa tuotteeseen ei synny minkäänlaista saumaa, joten paineensieto on hyvää eikä yhtä yksittäistä repeämäkohtaa synny. Lisäksi useat tekniset muovit imevät todella vähän öljyä sekä muita nesteitä. Käytetäänhän muovia mm. polttoainesäiliöinä.

Rotaatiovalulla tehtyjen tuotteiden liitettävyyttä toisiinsa ja muihin tuotteisiin on huippuluokkaa. Rotaatiovalulla pystytään tekemään tuotteisiin erittäin tarkkoja kierteitä sekä syvennyksiä. Turboon on esimerkiksi erittäin helppo kiinnittää ensin metallinen putki, josta jatkaa muovikäyrällä tai suoralla osuudella. Lisäksi muoviputkeen saa helposti insertin, jossa on kiertet esim. mahdollista anturia varten.

Vaikkakin muotit ovat kohtuullisen edullisia, tuo niiden valmistaminen aina lisäkustannuksia. Tästä syystä on tarkkaan harkittava, kuinka monesta osasta imukäyrän ja yleensäkin rotaatiovalulla tehdyn putkimaisen tuotteen valmistaa. Mikäli kappale tehdään useasta osasta, on tarkistettava, pystytäänkö se toteuttamaan esimerkiksi kolmella samanlaisella käyrällä. Näin ei tarvita kuin yksi muotti ja osat kierretään toisiinsa kiinni. Yksi rotaatiovalun heikkouksista on prosessin kesto. Tuotantosykli kestää 5-15 minuuttia. Kestoa ajatellen on edullista, että rotaatiovalulla tehdyt tuotteet valmistetaan mahdollisimman pitkälle yhtenä kokonaisuutena.

3.3 Materiaalin valinta

Imukäyriä tehtäessä oikean materiaalin valinta on erittäin tärkeää. Taulukossa 2 on verrattu rotaatiovalussa yleisesti käytettyjen kestumuovien, yhden teknisen muovin sekä yhden muoviseoksen ominaisuuksia. Taulukosta on suoraan karsittu pois ne kestumuovit, jotka eivät jonkin ominaisuutensa perusteella sovellu tähän työhön käytettäväksi.

Taulukko 2. Muovien ominaisuuksien vertailu

	Tärkeyskerroin	PE-HD	PVC	PA	PP	ABS+PC
Soveltuuko rotaatiovaluun (kyllä/ei)		Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Lämmönkestävyys (0-10)	1	4	6	9	6	9
Paineenkestävyys (0-10)	1	8	8	8	8	8
Öljyn- ja kemikaalien kestävyys (0-10)	1	9	9	10	9	7
Sulamispiste (0-10)	0,6	5	6	10	8	9
Veden imeytyminen (0-10)	0,4	10	9	2	8	8
Pisteet yhteensä		36	38	39	39	41
Tärkeyskerroinilla lasketut pisteet		28	30,2	33,8	31	32,6

Taulukosta erottuu kaksi muovia: polyamidi sekä muoviseos ABS+PC. Polyamidi ei yksinään sovellu käytettäväksi, vaan sitä pitää vahvistaa lasikuidulla.

Lasikuituvahvisteisella polyamidilla on tehty mm. autojen imusarjoja.

ABS+PC On erittäin iskunluja, jäykkä ja lämmönkestävä materiaali. Autojen kantavia sisäosia on tehty siitä paljon ja pitkään se on ollut matkapuhelimien yleisin kuorimateriaali. Mahdollisia käytettäviä muoveja on kuitenkin useita, koska vaadittavat ominaisuudet eivät ole mahdottomia ja rotaatiovalussa pystytään käyttämään useita muovilaatuja.

4. TULOSTEN ANALYSOINTI

Tutkimuksen perusteella muovin rotaatiovalulla pystytään valmistamaan moottorin imukäyrät. Pitää huomioida, että muovista osaa ei voi laittaa suoraan kuumimpiin paikkoihin kiinni kuten esim. suoraan turboon, vaan välissä pitää olla kappale, joka johtaa suurimman lämmön pois. Rotaatiovalulla saadaan aikaan juuri niitä ominaisuuksia, joita haetaan. Tällaisia ovat esimerkiksi helppo liitettävyyttä kierteillä sekä erilaisten inserttien teko mm. antureita varten. Kestomuoveista ja teknisistä muoveista löytyy useita muoveja, joilla työ voidaan toteuttaa.

Huomioitavaa on myös se, että raaka-aineisiin voidaan lisäainein räätälöidä haluttuja ominaisuuksia. Materiaalin lopullinen valinta jää kuitenkin valmistajan päätettäväksi.

Rotaatiovalu on vartenotettava vaihtoehto muovin työstössä. Aikaisemmin se oli tarkoitettu lähinnä erilaisten säiliöiden valmistamiseen, mutta hyvien ominaisuuksiensa ja halvan hintansa ansiosta sitä on alettu käyttää myös toisenlaisissa sovelluksissa. Suomessakin tämä on huomattu ja nykyään toimii monta yritystä, jotka hoitavat rotaatiovalukappaleen valmistamisen suunnittelusta valmiiseen tuotteeseen.

LÄHTEET

1. Järvinen Pasi, Muovin suomalainen käsikirja, Muovifakta Oy Porvoo 2000
2. Tervetuloa Sandvik Tamrockiin, Tampere 11.1.2005 [esite]
3. Tampereen teknillisen yliopiston materiaalilaitos. [www-sivu]. [viitattu 20.5.2008]
saatavissa http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv_4_4.php
4. Seppälä Jukka, Polymeeriteknologian perusteet, Otatieto, Helsinki 2005
5. Tampereen teknillisen yliopiston materiaalilaitos. [www-sivu]. [viitattu 20.5.2008]
saatavissa
<http://www.tut.fi/plastics/tyreschool/tuula/Ruiskuvalu/suomi/frontpage.html#>
6. Finncont Oy. [www-sivu]. [viitattu 20.7.2007]
saatavissa http://www.finncont.com/fi_yritys/index.htm