

Asetusaikojen lyhentäminen
ruiskuvalutuotannossa ja taloudelliset
tuotantoeräkoot

Lahden ammattikorkeakoulu
Muovitekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Kevät 2006
Tuukka Juhanila

Lahden ammattikorkeakoulu

Muovitekniikan koulutusohjelma

JUHANILA, TUUKKA: Asetusaikojen lyhentäminen ruiskuvalutuotannossa ja taloudelliset tuotantoeräkoot

Muovitekniikan opinnäytetyö, 23 sivua

Kevät 2006

Työn ohjaajat: Kari Perkiö (Lahden ammattikorkeakoulu), Pasi Uotinen (Foxconn Oy)

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on etsiä ideoita ruiskuvalukoneiden asetusaikojen lyhentämiseksi ja arvioida kustannukset parannusehdotuksille. Asetusaikojen nopeuttaminen pienentää asetuksen kustannuksia sekä parantaa tuotannon joustavuutta. Toinen tavoite on selvittää taloudellinen tuotantoeräkkö ja verrata sitä käytössä olevaan eräkköön.

Asetusaikojen lyhentäminen aloitettiin tutkimalla jokaista asetusta ja niiden vaiheita erikseen. Asetuksiin menevät todelliset ajat otettiin ylös ja niitä verrattiin teoreettisiin oikeassa järjestyksessä tehtävien asetusten aikoihin. Taloudellinen tuotantoeräkkö laskettiin Wilsonin tuotantoeräkköön kaavalla.

Tutkimustuloksista on nähtävissä selkeä ero käytännön ja teoreettisesti mahdollisten asetusajojen pituuksissa. Teoriassa asetukset on mahdollista tehdä huomattavasti nopeammin kuin käytännössä. Asetuksissa vievät ylimääräistä aikaa mm. väärä työskentelyjärjestys, koneista johtuvat syyt ja työntekijöistä johtuvat syyt.

Asetusten nopeuttamiseksi tehdään yleiset työohjeet, joista ilmenee oikea työskentelyjärjestys. Esimiehet valvovat asetusten ohjeen mukaista toteutusta. Koneisiin ja laitteisiin lisätään puutteelliset osat ja merkinnät. Taloudellisen tuotantoeräkköön laskeminen osoitti, että nykyiset tuotantomäärät ovat juuri oikean kokoisia, eli toimenpiteitä ei tarvitse tehdä.

Avainsanat: ruiskuvalu, vaihtoajat, eräkkö

Lahti University of Applied Sciences

Faculty of Technology

JUHANILA, TUUKKA: Shortening of setting times in injection moulding and economical production batch quantity.

Bachelor's Thesis in Plastics Engineering, 23 pages

Spring 2006

Work directors: Kari Perkiö (Lahti University of Applied Sciences), Pasi Uotinen (Foxconn Oy)

ABSTRACT

The main target of this thesis was to explore possibilities to shorten the setting times in injection moulding and to evaluate costs for improvement proposals. Making the setting times quicker lowers the expenses of the settings and improves the flexibility of production. Another target is to find out economical batch quantities and compare them to the batch quantities in use at the moment.

Shortening of the setting times was started by looking at every setting and each stage separately. Times used for the settings were written down and compared to the theoretical setting times. The economical batch quantity was calculated using the Wilson formula.

The results seem to indicate that there is a significant difference between the lengths of the practical and the theoretical setting times. It is possible to make settings noticeably faster in theory than in practice. Extra time is taken by such factors as, for example wrong working order, reasons depending on machines and reasons depending on the workers.

On the basis of the study, common working instructions describing the right working order will be made for making the settings faster. Foremen will control the fulfilling of the instructions. Missing parts and signs will also be added to the machines. The calculation of the economical batch quantity showed that the present lot sizes are right, so further measures are not needed.

Keywords: injection moulding, mould changing time, batch quantity

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 FOXCONN OY	1
2.1 Foxconn maailmalla	1
2.2 Foxconn Suomessa	2
3 MUOVEISTA	2
4 RUISKUVALUPROSESSI	3
4.1 Yleistä ruiskuvalusta	3
4.2 Ruiskuvalukoneet	3
4.3 Ruiskuvalumuotti	4
4.3.1 Muotin rakenne	4
4.3.2 Muotin tehtävät ja edellytykset	6
4.4 Ruiskuvaluprosessi Foxconnilla	6
5 ASETUKSET	6
5.1 Sarjakoko	6
5.2 Sisäiset ja ulkoiset asetukset	7
5.3 Asetusten nopeuttaminen	7
6 ASETUKSET LAHDEN RUISKUVALUTEHTAALLA	8
6.1 Värin vaihto	8
6.1.1 Värin vaihto kuumakanavamuotilla	8
6.1.2 Värin vaihto avojöötimuotilla ja pieni sävyero kuumakanavamuotilla	9
6.2 Kopiomuotin vaihto	9
6.3 Tuotteen vaihto	10
6.4 Muotin huolto	10
7 ASETUKSIIN MENEVÄT AJAT	11
7.1 Ruiskuvalutuotannon asetusajat	11
7.2 Värin vaihtoon menevä aika teoriassa	11
7.3 Kopiomuotin vaihtoon menevä aika teoriassa	12
7.4 Teoriassa tuotteen vaihtoon menevä aika	13
7.5 Teoriassa muotin korjaukseen menevä aika	14
7.6 Lahden ruiskuvalutuotannon asetusajat käytännössä	15
8 ASETUSTEN KESTO	16
8.1 Käytännön kestoajoja	16
8.2 Työntekijästä johtuvat syyt	16
8.3 Koneista johtuvat syyt	17
9 IDEAT ASETUSAIKOJEN NOPEUTTAMISEKSI	17
9.1 Työntekijöistä johtuvat syyt	17
9.2 Koneista johtuvat syyt	17
9.3 Asetusaikojen seuranta	18

9.4 Ideoiden toteuttamisen kustannukset suhteessa hyötyyn	18
10 OPTIMAALINEN TUOTANTOERÄKOKO	19
10.1 Tuotantoeräkoon teoriaa	19
10.2 Tuotantoeräkoon laskeminen	20
11 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	23

1. JOHDANTO

Foxconn Oy on jatkuvasti kehittyvä ruiskuvaluyhtiö ja sen tavoitteena on tulla maailman johtavaksi ruiskuvaluvalmistajaksi. Tähän tarkoitukseen päästään määrätietoisella maailmanlaajuisella laajenemisella. Keskeisenä elementtinä Foxconnilla on kaikissaan toiminnoissa myös laatu.

Olennaisena osana Foxconn Oy:n liiketoimintaa on ruiskuvalutuotannon nopeuttaminen, kehittäminen ja kustannusten minimointi. Tämä opinnäytetyö kuuluu osaksi tätä tavoitetta. Työn tavoitteena on nopeuttaa ruiskuvalukoneiden asetuksia ja tehdä parannusehdotuksia. Asetusten nopeuttaminen vähentää asetuskustannuksia ja näin ollen parantaa tuottavuutta sekä tekee tuotannosta joustavampaa. Opinnäytetyössä on myös tarkoitus määrittää teoreettisesti yrityksen taloudellinen tuotantoeräkokoo, verrata sitä käytännön tuotantoeräkokoon ja tarvittaessa tehdä muutoksia. Ruiskuvalutuotannon asetusajkojen ja taloudellisten tuotantoeräkokojen tutkimustyö tehtiin 1.10.2005 ja 7.4.2006 välisenä aikana Foxconn Oy:n Lahden tehtaalla.

2. FOXCONN

2.1 Foxconn maailmalla

Hon Hai Precision Industry Co., Ltd. (Foxconn) on kansainvälinen korkeaan teknologiaan keskittynyt teollisuusryhmä. Sillä on toimipaikkoja Pohjois-Amerikassa, Euroopassa sekä Aasiassa ja se harjoittaa liiketoimintaansa maailmanlaajuisesti. Yhtiö on listattu Taiwanin pörssiin. (Eimo 2006)

Yritys on erikoistunut komponenttien, moduulien, osakokoonpanojen ja näihin liittyvien valmistus- ym. palvelujen tarjoamiseen tietokone-, kommunikaatio- ja kulutuselektronikan alan johtaville globaaleille yrityksille. Foxconn on maailman suurin PC-johdinten valmistaja ja johtava piirilevyjen sekä PC-järjestelmä-integraatioiden toimittaja. Foxconn on Taiwanin suurin teollisuusyritys sekä Suur-Kiinan alueella suurin viejä. Vuonna 2002 ryhmän liikevaihto ylitti 7 miljardia Yhdysvaltain dollaria. (Eimo 2006)

2.2 Foxconn Suomessa

Foxconn Oy:n toiminta Suomessa alkoi vuonna 2004, kun Foxconn Finland Invest Oy saavutti yli 90 % osuuden Eimo Oyj:stä. Eimo Oyj:n ylimääräinen yhtiökokous päätti 23.1.2004 muuttaa yhtiön julkisesta osakeyhtiöstä yksityiseksi osakeyhtiöksi ja vaihtaa yhtiön toiminimeksi Foxconn Oy. (Eimo 2006)

Foxconn Oy, osana Hon Hai Precision Industry Co. Ltd:n maailmanlaajuista matkaviestintäliiketoimintaa (Foxconn Wireless Business Group), keskittyy Euroopan toimintoihin. Suomen tehdas sijaitsee Lahdessa. Toiminta keskittyy pääosin matkapuhelinten kuorten ja IMD-linssien ruiskupuristukseen ja kokoonpanoon. (Eimo 2006)

3. MUOVEISTA

Muoveiksi nimitetään teollisuuden käyttämiä polymeerejä, jotka ovat pienemmistä rakenneyksiköistä muodostuneita suurimolekyylisiä aineita. Polymeerit jaetaan homo- ja kopolymeereiksi. Homopolymeerit muodostuvat yhdestä lähtöaineesta eli monomeeristä, ja kopolymeerissä on puolestaan lähtöaineita kaksi tai useampia. Polymeereihin on mahdollista sekoittaa erilaisia lisäaineita parantamaan muovattavuutta sekä fysikaalista ja kemiallista kestävyyttä. (Seppälä 1997, 1 - 7.)

Muovien ominaisuutena on niiden muovattavuus tavallisesti lämmön ja paineen avulla (Seppälä 1997, 1.) Muovit voidaan jakaa kesto- ja kertamuoveihin. Kesto-

muoveissa molekyylit ovat pitkiä polymeeriketjuja, joiden välissä ei ole kemiallisia sidoksia. Kestomuoveja voidaan muovata lämmön ja paineen avulla uudelleen. Kertamuoveilla molekyylirakenne on verkkomainen, eikä sitä voida muovata uudestaan. (Airasmaa ym. 1991, 18 - 19.)

4. RUISKUVALUPROSESSI

4.1 Yleistä ruiskuvalusta

Ruiskuvalukoneiden kehitys alkoi 1940-luvun lopulla. Suomessa aloitettiin ruiskuvalu muutamaa vuotta myöhemmin. Ensimmäisiä tuotteita olivat napit, kammot ja taloustavarat. Elektroninen ohjaus tuli ruiskuvalukoneisiin 1960-luvulla, ja 1970-luvun lopulla tulivat markkinoille ensimmäiset mikroprosessoriohjatut koneet. Täyssähköinen CNC-ohjattu ruiskuvalukone kehitettiin 1980-luvulla. Ruiskuvalu on nykyisin automatisoitu, ja monimutkaisetkin kappaleet saadaan valmiiksi yhdellä kerralla. Ruiskuvalun koneet, oheislaitteet ja muotit ovat kalliita, mutta raaka-aineena käytettävä muovigranulaatti on melko edullista. Ruiskuvalua käytetään etenkin suurien sarjojen valmistukseen. Ruiskuvaluttujen kappaleiden koot voivat vaihdella suuresti. (Kurri, Malén, Sandell & Virtanen 1999, 71 - 72.)

Ruiskuvaluprosessissa muovi plastisoidaan homogeeniseksi massaksi sulatussynterissä olevien sähkövastusten lämmön sekä kierukkaruuvien pyörimisestä aiheutuvan sisäisen kitkan avulla. Tämän jälkeen sula polymeeri ruiskutetaan nopeasti suurella paineella sopivasti temperoituun teräksestä valmistettuun muottiin. Suljetussa muotissa muovi alkaa jäähmettyä, ja tietyn jäähdytysajan jälkeen muotti voidaan avata ja kappale työntää ulos muotista. (Kurri ym. 1999, 72.)

4.2 Ruiskuvalukoneet

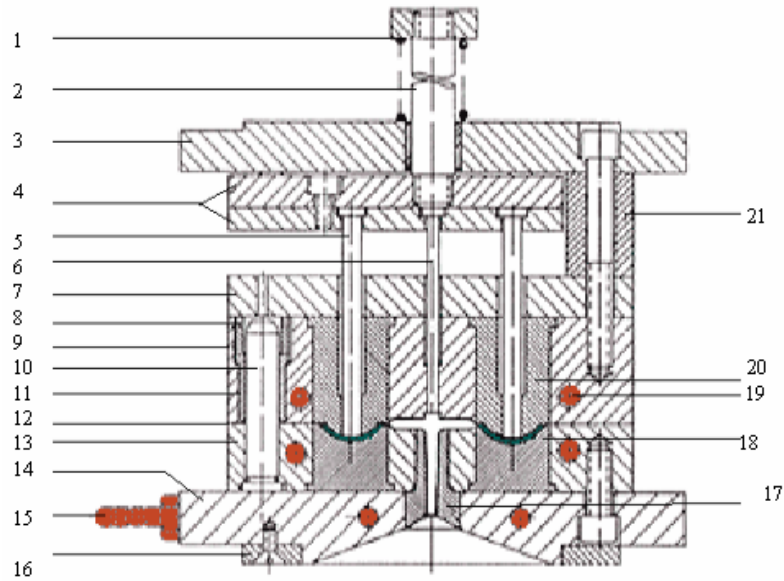
Eri ruiskuvalukonemerkkejä ja -malleja on paljon. Sähköhydraulisten koneiden tilalle ovat tulevaisuudessa yleistymässä täyssähköiset koneet. Ruiskuvalukoneen rakenne jaetaan seuraaviin osakokonaisuuksiin: sulkuyksikkö, ruiskutusyksikkö,

ohjausyksikkö, hydrauliyksikkö (ei täyssähköisissä koneissa) ja runko. Sulkuyksikkö säättää muotin liikkeitä ja pitää muotin kiinni ruiskutus- ja jälkipainevaiheessa sekä irrottaa kappaleen muotista ulostyöntäjillä työjakson loppuvaiheessa. Ruiskutusyksikkö vastaanottaa muovigranulaatin kuivaimesta, plastisoi sen haluttuun lämpötilaan, sekoittaa sulamassan homogeeniseksi sekä ruiskuttaa polymeerisulan muottipesiin. Ohjausyksikkö säättää ja valvoo ruiskuvaluprosessia. Nykyisin ohjausyksikön keskuksen muodostaa tietokone, jolla ohjataan ruiskuvalukoneen toimintoja. Sähköhydraulisissa koneissa hydrauliyksikkö aikaansaa liikettä hydraulisten toimilaitteiden avulla, joille ohjausyksikkö antaa käskyn. (Kurri ym. 1999, 72 - 78.)

4.3 Ruiskuvalumuotti

4.3.1 Muotin rakenne

Ruiskuvalumuotti koostuu yksinkertaisimmillaan kiinteästä muottipuoliskosta ja liikkuvasta muottipuoliskosta, jotka ovat kiinnitetty ruiskuvalukoneen muottipöytiin. Muottien rakenteissa on usein paljon enemmänkin elementtejä (kuvio 1). (Järvelä, Syrjälä & Vastela 1999, 113 - 114.)



KUVIO 1. Muotin osien nimet

1. Ulostyönnön palautusjousi
2. Ulostyöntötanko
3. Kiinnityslevy
4. Ulostyöntötuki- ja ulostyöntölevy
5. Ulostyöntötappi
6. Valutapin ulostyöntötappi
7. Välilevy
8. Holkki
9. Muottilevy
10. Ohjaustappi
11. Ohjausholkki
12. Jakotaso
13. Muottilevy
14. Kiinnityslevy
15. Jäähdytysnesteen liitin
16. Ohjausrenkas
17. Muotin suutin
18. Muottipesäistukas (insertti)
19. Jäähdytyskanava
20. Muottipesäistukas (insertti)
21. Tukipala

4.3.2 Muotin tehtävät ja edellytykset

Muotti toimii massasulan juoksukanavana, ja se antaa ruiskuvalukappaleelle halutun muodon. Muotti myös jäähdyttää massasulan kiinteään olomuotoon sekä työntää valmiin kappaleen ulos muotista. Tehtävät asettavat muotille tiettyjä vaatimuksia. Muotin täytyy kestää suuria massan paineita, kestää ruiskuvalukoneen sulkuvoiman aiheuttamat rasitukset, kestää terminen väsyminen, sen täytyy aueta helposti muottipöydän avausliikkeellä ja kohdistaa muottipuoliskot tarkasti toisiinsa muotin sulkeutuessa. (Järvelä ym. 1999, 113.)

4.4 Ruiskuvaluprosessi Foxconnilla

Foxconnilla ruiskuvaluprosessissa raaka-aine kuivataan raaka-ainekohtaisissa kuivureissa. Kuivurista raaka-aine imetään alipaineen avulla putkistoja pitkin ruiskuvalukoneelle, jossa raaka-aineen annostelu tapahtuu automaattisesti. Ruiskuvalukoneella raaka-aine valmistetaan tuotteeksi edellä esitetyn ruiskuvaluprosessin mukaisesti. Ruiskuvalukoneelta valmis tuote siirretään robotin avulla alustalle (paletti). Täydet paletit siirretään kuljettimia pitkin joko jatkokäsittelyyn tai koottavaksi lähettämöön.

5. ASETUKSET

5.1 Sarjakoko

Tuotannonohjauksen tulee huomioida valmistettavien tuotteiden lukumäärän lisäksi myös sarjakoko ja siitä seuraava sarjojen lukumäärä, mikäli tilausmäärä jaetaan useampiin valmistuseriin. Tämä vaatimus korostuu, jos samoilla koneilla valmistetaan erilaisia tuotteita. Ennen valmistuksen aloittamista on tehtävä toimenpiteitä, jotta koneella pystytään valmistamaan tietty kappale. Tätä kutsutaan asetukseksi ja siihen kuluva aika asetusaajaksi. (Kuopion avoimen yliopiston tuotantotalouden osaston verkkomateriaali 2006)

Lyhyinä sarjoina valmistaminen on usein kokonaistaloudellisesti edullisempaa, koska useiden tuotteiden kysyntä voidaan tyydyttää tasaisemmin. Lisäksi mahdollisesti syntyvän epäkurantin varaston todennäköisyys pienenee. Kuitenkin tuotannonohjauksen pitää tiedostaa ongelma sekä taloudellisessa että kapasiteettimielessä ja pystyä tarvittaessa optimoimaan eräkkö. (Kuopion avoimen yliopiston tuotantotalouden osaston verkkomateriaali 2006.)

5.2 Sisäiset ja ulkoiset asetukset

Asetus jakautuu sisäiseen ja ulkoiseen asetukseen. Sisäisessä asetuksessa kone joudutaan pysäyttämään, kun taas ulkoinen voidaan tehdä koneen käydessä. Sisäisiä asetuksia tulisi muuttaa mahdollisimman paljon ulkoisiksi asetuksiksi ja lyhentää sekä sisäisiä että ulkoisia asetuksia. (Lavikainen 2005, 6.)

5.3 Asetusten nopeuttaminen

Tuotantoprosessin asetusaikojen merkityksen voi havaita kannattavuuden määritelmästä:

$$\text{Kannattavuus} = \frac{\text{Voitto}}{\text{Varallisuus}} = \text{Voittomarginaali} \times \text{Pääoman kiertonopeus}$$

Kannattavuuden määritelmän mukaan varastojen vähentäminen ja asetusaikojen lyhentäminen parantaa kannattavuutta, koska pääoman kiertonopeus kasvaa. (Olhager 1989, 14-15.) Asetuskustannus on asetusaajan, työ- ja laitekustannuksen summa (Olhager 1989, 28).

Asetusten nopeuttaminen tekee tuotannosta joustavampaa, koska muutoksiin voidaan vastata nopeammin ja eräkköja voidaan pienentää. Myös toimitusajat lyhenevät ja tilantarve vähenee (Olhager 1989, 45). Lyhyet asetusaajat ovat JIT-toiminnan lähtökohta (Olhager 1989, 49). Mitä enemmän tehtaissa on tuotteita, sitä enemmän koneiden asetusaajat vaikuttavat kannattavuuteen (Eloranta et al 1986, 20 - 21).

Asetusaikojen lyhentäminen vaikuttaa eräkokoihin suoraviivaisesti (taloudelliset eräkoot pienenevät). Kustannusvaikutukset eivät ole yhtä suoraviivaisia, ja niiden laskeminen tarkasti on usein mahdotonta. Asetusaikojen lyhennettäessä varastointikustannukset laskevat riippumatta varastotyypistä. Kapasiteettikustannuksiin vaikutus on kaksijakoinen: asetuksen yksikkökustannukset pienenevät, mutta asetusten määrä kasvaa, mikäli eräkokoja pienennetään. Kapasiteettikustannuksetkin laskevat, mutta eivät dramaattisesti. Lisäksi eräkokojen pienentyessä tilauksia tai töiden avauksia tehdään useammin, mikä takaa kyseisiä prosesseja kannattaa yksinkertaistaa. (Olhager 1989, 197 - 198.)

6. ASETUKSET LAHDEN RUISKUVALUTEHTAALLA

6.1 Värin vaihto

Lahden ruiskuvalutehtaalla tehtäviä asetuksia ovat värin vaihto, kopiomuotin vaihto, tuotteen vaihto sekä muotin huolto. Seuraavassa kerron tarkemmin edellä mainituista asetuksista. Värin vaihto on yleinen asetus ruiskuvalutuotannossa, koska usein samanlaisia tuotteita halutaan erivärisinä. Värin vaihto on melko yksinkertainen ja halpa asetus, sillä samalla muotilla ja koneella pystyy valmistamaan erivärisiä kappaleita.

6.1.1 Värin vaihto kuumakanavamuotilla

Värin vaihto kuumakanavamuotilla voidaan jakaa kolmeen osaan: esivalmisteluihin, mekaaniseen työhön (värin vaihto ja puhdistus) sekä koneen uudelleen käynnistämiseen.

Esivalmistelussa uusi raaka-aine laitetaan kuivumaan raaka-aineen toimittajan antaman kuivausohjeen mukaisesti, minkä jälkeen siirrytään ruiskuvalukoneelle. Itse värin vaihto aloitetaan sulkemalla raaka-ainesuppilo ja ajamalla ruiskutusyksikkö taakse. Tämän jälkeen etumuotti irrotetaan koneesta ja toimitetaan välittö-

mästi puhdistettavaksi muottihuoltoon. Muottihuollossa etumuotista putsataan suutin, koska muuten se antaa väriä vielä kauan uudelle tuotteelle värin vaihdon jälkeen. Putsauksen aikana asentaja tyhjentää raaka-ainesuppilot ja putkistot vanhasta väristä sekä puhdistaa ruiskuvalukoneen ruuvien silleen tarkoitettulla puhdistusmassalla. Muotin tullessa muottihuollosta koneen uudelleen käynnistys aloitetaan nostamalla etumuotti koneeseen lämpenemään. Prosessi käynnistetään, kun muotti on oikean lämpöinen.

6.1.2 Värin vaihto avojöötimuotilla ja pieni sävyero kuumakanavamuotilla

Värin vaihto avojöötimuotilla sekä pieni sävyero (harmaasta tai ruskeasta siirryttäessä mustaan) kuumakanavamuotilla on huomattavasti nopeampaa ja yksinkertaisempaa kuin normaali kuumakanavamuotin värin vaihto. Avojojöötimuotin värin vaihtoon kuuluu esivalmisteluna raaka-aineen kuivaus sekä mekaanisena työnä koneen ruuvien puhdistus ja uuden värin käyttöönotto.

Esivalmistelussa uusi raaka-aine laitetaan kuivumaan raaka-aineen toimittajan antaman kuivausohjeen mukaisesti, minkä jälkeen siirrytään ruiskuvalukoneelle. Värin vaihto aloitetaan sulkemalla raaka-ainesuppilo ja ajamalla ruiskutusyksikkö taakse, minkä jälkeen tyhjennetään raaka-ainesuppilot ja raaka-ainekuljetusputkistot vanhasta väristä. Tämän jälkeen vaihdetaan uusi väri koneeseen ja aloitetaan prosessi.

6.2 Kopiomuotin vaihto

Kopiomuotti tarkoittaa teoriassa täydellistä kopiota toisesta muotista. Käytännössä myös kopiomuotit eroavat toisistaan jossain määrin johtuen niiden kulumisesta ja huollon myötä tehtävistä korjauksista.

Kopiomuotin vaihtaminen on yleensä nopea asetus, mikäli se tehdään oikeassa työskentelyjärjestyksessä. Vaihtaminen voidaan jakaa esivalmisteluun, mekaaniseen työhön sekä tuotannon uudelleen käynnistämiseen. Esivalmisteluihin kuuluu

kopio muotin sekä tarvittavien työkalujen hakeminen koneelle. Kopio muotin vaihtaminen aloitetaan nostamalla vanha muotti koneesta pois. Seuraavaksi nostetaan kopio muotti tilalle ja laitetaan se lämpenemään. Lämpenemisen aikana siirretään muottikohtaiset ajoarvot koneelle, mikäli ne ovat eri ajoarvot kuin edellisellä muotilla. Muotin lämmentyä aloitetaan prosessi.

6.3 Tuotteen vaihto

Tuotteen vaihto on raskaampi prosessi kuin kopio muotin vaihto, sillä siinä muotin vaihdon lisäksi vaihdetaan myös raaka-aine, robotin ohjelma sekä tarttuja. Myös tuotekohtaiset paletit pitää vaihtaa koneille. Tuotteen vaihto ei kuitenkaan välttämättä vie enempää asetus aikaa, jos esivalmistelut hoidetaan järkevästi.

Esivalmisteluihin kuuluu raaka-aineen kuivumaan laittaminen valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti sekä uuden muotin koneelle hakeminen. Ilmoittaminen kaikille tuotteen vaihdossa työskenteleville tulevasta asetuksesta on myös tärkeää, jotta he osaavat valmistua ja ovat valmiina itse tuotteen vaihdon alkaessa. Tuotteen vaihdossa muotti irrotetaan kokonaisuudessaan irti koneesta ja toimitetaan muottivarastoon. Ruiskuvaluasentajan irrottaessa muottia roudarit hakevat uudet paletit koneelle, ja automaatioasentaja vaihtaa robottiin uuden tarttujan ja siirtää robotille oikean ohjelman. Tämän jälkeen uusi muotti nostetaan koneeseen lämpenemään. Lämpenemisen aikana siirretään muottikohtaiset ajoarvot koneelle sekä vaihdetaan uusi raaka-aine. Kun muotti on lämmennyt ja raaka-aine vaihdettu ajetaan muotilla muutama aloituskappale ja tarkistetaan niiden laatu. Kappaleiden ollessa hyviä käynnistetään prosessi.

6.4 Muotin huolto

Tuotteiden ollessa laadultaan huonoja, joudutaan muottia huoltamaan. Joskus muotin huoltamisen voi tehdä muotin ollessa koneessa kiinni, näin se ei vie aikaa kuin joitain minutteja. Usein muotti on kuitenkin syytä huoltaa kunnolla vian saamiseksi muotista kokonaan pois, tällöin muotti nostetaan koneesta pois ja vie-

dään muottihuoltoon. Muottia huollettaessa huoltotoimenpiteet vaihtelevat suuresti riippuen muotissa olevasta viasta. Yleisimmät huoltotoimenpiteet Lahden ruiskuvalutehtaan muottihuollossa ovat purseongelmien poistot 80 %, keernamurtumien korjaukset 10 % sekä kuumakanavaongelmien korjaukset 5 %.

Muottihuollossa viat selvitetään korjausmääräysohjeesta, puretaan muotti osiksi ja pestään muotin osat ultraäänellä vesilipeäliuoksessa. Seuraavaksi korjataan korjausmääräyksen mukaiset viat, kasataan muotti ja lähetetään muotti takaisin ruiskuvalukoneelle. Muotin tullessa koneelle nostetaan muotti koneeseen ja odotetaan muotin lämpenemistä. Prosessi käynnistetään, kun muotti on lämmin.

7. ASETUKSIIN MENEVÄT AJAT

7.1 Ruiskuvalutuotannon asetusajat

Asetuksiin meneviä aikoja eli asetusaikoja on vaikea esittää ja käsitellä yleisellä tasolla, koska asetuksia on monenlaisia ja niihin vaikuttavat useat tekijät. Seuraavaksi käsitellään erikseen asetusaikoja teoriassa ja käytännössä sekä pyritään selvittämään pitkien asetusaikojen syyt. Teoriassa asetuksiin menevät ajat ovat aika, jossa ammattitaitoinen työntekijä pystyy tekemään tietyn asetuksen. Teoreettiseen asetusaikaan pääsee oikealla työskentelyjärjestyksellä, valmistautumisella sekä asenteella. Myös koneilta ja apulaitteilta vaaditaan moitteetonta toimintakykyä asetuksia tehtäessä.

7.2 Värin vaihtoon menevä aika teoriassa

Värin vaihtoon menevä aika riippuu muotin rakenteesta. Kuumakanavamuotilla asetukseen menee kauemmin aikaa kuin avojöötimuotilla tai pienen sävyeron kuumakanavamuotilla.

Värin vaihtoon kuumakanavamuotilla menevä aika on esitetty taulukossa 1:

1. Esivalmistelut voidaan tehdä jo edellisen prosessin käydessä, joten se ei tuo asetukselle lisääikaa.
2. Värin vaihtoon kuluu aikaa 30 minuuttia.
3. Puhdistus kestää 60 minuuttia.
4. Koneen uudelleen käynnistys kestää 30 minuuttia.

Taulukko 1. Värin vaihtoon menevä aika kuumakanavamuotilla 1 tunti 40 minuuttia.

Kesto aika (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1. Esivalmistelut	x												
2. Värin vaihto		x	x	x									
3. Putsaukset			x	x	x	x	x	x					
4. Koneen uudelleen käynnistys									x	x	x		

Värin vaihtoon avojöötimuotilla sekä pienen sävyeron kuumakanamuotilla menevä aika on esitetty taulukossa 2:

1. Esivalmistelut voidaan tehdä jo edellisen prosessin käydessä, joten se ei tuo asetukselle lisääikaa.
2. Värin vaihto kestää 20 minuuttia.

Taulukko 2 Värin vaihtoon menevä aika avojöötimuotilla tai pienen sävyeron kuumakanavamuotilla 20 minuuttia

Kesto aika (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1. Esivalmistelut	x												
2. Värin vaihto		x	x										
Putsaukset													
Koneen uudelleen käynnistys													

7.3 Kopiomuotin vaihtoon menevä aika teoriassa

Kopiomuoteilla tarkoitetaan kahta tai useampaa täysin samanlaista muotia. Käytännössä täysin samanlaisia muotteja ei ole kuitenkaan olemassa, niinpä taulukos-

sa 3 on huomioitu muotin vaihdon lisäksi myös muottikohtaisten ajoparametrien vaihdot.

1. Esivalmistelut voidaan tehdä jo edellisen prosessin käydessä, joten se ei tuo asetukselle lisääaikaa.
2. Vanhan muotin poisto kestää 15 minuuttia.
3. Kopiomuotin nostaminen tilalle vie 30 minuuttia.
4. Uuden muotin lämpeneminen kestää 15 minuuttia.
5. Ajoparametrien siirto vie 5 minuuttia ja odotellessa voidaan lämmittää muotteja.

Taulukko 3. Kopiomuotin vaihtoon menevä aika 1 tunti.

Kesto-aika (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1. Esivalmistelut	x														
2. Vanhan muotin poisto		x	x	x											
3. Uusi muotti koneeseen					x	x	x	x	x	x					
4. Muotin lämpeneminen											x	x	x		
5. Ajoparametrien siirto											x				

7.4 Teoriassa tuotteen vaihtoon menevä aika

Tuotteen vaihto sisältää muotin vaihdon, raaka-aineen vaihdon ja ajoparametrien vaihdon. Tuotteen vaihdossa oikea työskentelyjärjestys on erittäin tärkeä.

1. Esivalmistelut voidaan tehdä jo edellisen prosessin käydessä, joten se ei tuo asetukselle lisääaikaa.
2. Vanhan muotin poisto kestää 15 minuuttia.
3. Uuden muotin nostaminen tilalle vie 30 minuuttia.
4. Uusi muotti lämpiää.
5. Raaka-aineen vaihtoon kuluu 20 minuuttia
6. Ajoparametrit siirretään levykkeeltä ruiskuvalukoneelle, mikä kestää 5 minuuttia.

Seuraavat vaiheet voidaan tehdä edellisten vaiheiden kanssa samaan aikaan

7. Haetaan uudet paletit koneelle (10 minuuttia).
8. Vaihjetaan robottiin tarttuja (10 minuuttia).
9. Siirretään ohjelma robotille (5 minuuttia).

Taulukko 4. Tuotteen vaihtoon menevä aika 1 tunti 10 minuuttia

Kesto-aika (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
1. Esivalmistelut	x														
2. Vanhan muotin poisto		x	x	x											
3. Uusi muotti koneeseen					x	x	x	x	x	x					
4. Muotin lämpeneminen											x	x	x		
5. Raaka-aineen vaihto												x	x	x	x
6. Ajoparametrien siirto											x				
7. Uusien palettien haku		x	x												
8. Tarttujan vaihto		x	x												
9. Robotin ohjelman siirto				x											

7.5 Teoriassa muotin korjaukseen menevä aika

Muotin korjauksessa muotti toimitetaan muottihuoltoon korjattavaksi ja korjauksen jälkeen se tuodaan takaisin koneelle ja laitetaan ajoon. Korjaukseen menevä aika vaihtelee paljon riippuen muotissa olevasta viasta. Taulukkoon 5 on arvioitu aika yleisimmästä korjauksesta, eli purseongelman poistosta:

1. muotin poisto (15 minuuttia).
2. muotin jäähtyminen (30 minuuttia).
3. muotin purku osiksi (15 minuuttia).
4. osien pesu vesilipeäliuoksessa (voidaan tehdä vikojen korjauksen kanssa samaan aikaan) (30 minuuttia).
5. vikojen korjaus (30 minuuttia).
6. muotin kasaus (20 minuuttia).
7. muotin nosto takaisin koneeseen (30 minuuttia).

8. muotin lämpeneminen (15 minuuttia).

Taulukko 5. Muotin korjaukseen menevä aika on 2 tuntia 35 minuuttia.

Kesto-aika (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Vanhan muotin poisto		x	x	x									
Muotin jäähtyminen					x	x	x	x	x	x			
Muotin purku osiksi											x	x	x

Kesto-aika (min)	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Osien pesu	x	x	x	x	x	x				
Vikojen korjaus	x	x	x	x	x	x				
Muotin kasaus							x	x	x	x

Kesto-aika (min)	115	120	125	130	135	140	145	150	155
Muotti takaisin koneeseen	x	x	x	x	x	x			
Muotin lämpeneminen							x	x	x

7.6 Lahden ruiskuvalutuotannon asetusajat käytännössä

Käytännössä asetuksiin menevät ajat vaihtelevat todella paljon riippuen lukuisista eri tekijöistä. Paras tapa esittää asetusajat käytännössä lienee laatia keskiarvoaika värin vaihdolle, kopiomuotin vaihdolle, tuotteen vaihdolle sekä muotin huollolle. Keskiarvot on otettu pitkän seurannan ja asetusten tehneiden henkilöiden kuulemisen perusteella. Keskiarvot on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Eri asetuksiin menevä aika käytännössä

Asetus	Aika käytännössä (min)
Värin vaihto	240
Kopiomuotin vaihto	240
Tuotteen vaihto	390
Muotin huolto	360

8. ASETUSTEN KESTO

8.1 Käytännön kestoajoja

Asetusaikojen nopeuttaminen kasvattaa tuottavuutta, tuotannosta tulee joustavampaa, toimitusajat lyhenevät ja tilatarve vähenee. Edellä mainittujen syiden vuoksi on tuotannon toivottavaa saada asetusajat mahdollisimman nopeiksi. Verrattaessa Lahden ruiskuvalutehtaan asetusajoja teoriassa ja käytännössä taulukossa 7, voi niissä huomata selvän eron. Käytännössä asetuksiin menevä aika on vähintään 2,3-kertainen (muotin huolto) tai jopa 5,6-kertainen (tuotteen vaihto) teorian asetusajoihin verrattuna.

Taulukko 7. Teorian ja käytännön asetusajojen vertailua

Asetus	Aika teoriassa (min)	Aika käytännössä (min)	Erotus (min)	Käytännön aika/teoria
Väriin vaihto	100	240	140	2,4
Kopioimuotin vaihto	60	240	180	4
Tuotteen vaihto	70	390	320	5,6
Muotin huolto	155	360	205	2,3

Asetuksiin menevä ylimääräinen aika voi johtua työntekijästä, koneista, laitteista tai väärästä työskentelyjärjestyksestä.

8.2 Työntekijästä johtuvat syyt

Työntekijöiden asenne on usein syynä asetusten viivästymiselle, mikä ilmenee esimerkiksi tulevaan työhön valmistautumattomuutena sekä vastuun siirtämisellä työkavereille tai jopa seuraavalle vuorolle. Työntekijöiden ammattitaidottomuus voi myös viivästyttää asetusta. Varsinkin kopioimuotin ja tuotteen vaihdossa väärä työskentelyjärjestys voi hidastuttaa asetusta huomattavasti. Tuotannossa on usein otettu vanha muotti koneesta ja sitten vasta etsitty mahdollista uutta muottia koneelle. Tärkeät esivalmistelutkin, kuten raaka-aineen kuivuriin laittaminen tehdään vasta varsinaisen asetuksen aikana. Ruiskuvaluasentajista osa nostaa muotin koneesta vasta muotin jäähtyttyä, mikä myös hidastaa asetusta.

8.3 Koneista johtuvat syyt

Vesikiertomerkinnot ovat monissa muoteissa puutteelliset ja koneiden käyttäjillä menee paljon aikaa laittaessa vesiliittimiä yhteen. Keernavetokaapelit sekä koneille tulevat vesi- ja ilmaletkut on jätetty koneissa merkitsemättä. Muottien lämmittimiä ei merkitä, joten muottia lämmittäessä ei tiedä kuin kokeilemalla, mikä muotin osa lämpenee.

9. IDEAT ASETUSAIKOJEN NOPEUTTAMISEKSI

9.1 Työntekijöistä johtuvat syyt

Työntekijöiden työasennetta huonontaa yleensä epävarma työtilanne ja työn mielenkiinnon puute. Työtiloista ja työilmapiiristä on tehtävä miellyttävämpi motivaation parantamiseksi. Esimiesten on myös reagoitava työn viivyttelyyn ja puuttuttava asiaan pikaisesti. Esimiesten on opastettava työntekijöitä ja kannustettava heitä työssään, näin ollen he osaavat ja uskaltavat ottaa enemmän vastuuta ja työt nopeutuvat.

Työntekijöille on tehtävä selkeät ohjeet kunkin asetuksen oikeasta teko-järjestyksestä. Varsinkin esivalmisteluihin on syytä kiinnittää enemmän huomiota, jottei tuotanto seisoisi turhaan. Muotin voi nostaa jo kuumana muotista pois ja antaa sen jäähtyä koneen vieressä tai muottihuollossa. Kuumaa muottia nostettaessa koneesta on hyvä käyttää lämpöeristäviä työhanskoja. Muottien, joissa on yli-paineistetut jäähdytykset (lämpötila yli 95 astetta) on annettava jäähtyä hetken koneessa, koska paine on niin suuri.

9.2 Koneista johtuvat syyt

Muotin valmistaja on velvollinen laittamaan jokaiseen muottiin vesikiertomerkinnot, joten muotti otetaan tuotantoon vasta, kun vesikiertomerkinnot on tehty. Keernavetokaapelit pitää saada yhdenmukaisiksi ja selkeiksi. Muotin valmistaja

asentaa muottiin tulevat liittimet tuotannon yhtenäisten ohjeiden mukaisesti ja tehdaspalvelu tekee niihin sopivat kaapelit. Koneille tulevat vesi- ja ilmaletkut pitäisi myös tehdä yhdenmukaisiksi ja selkeiksi. Tehdaspalvelun pitää merkitä muotin lämmittimiin, kumpaa muottia kukin lämmitin lämmittää.

9.3 Asetusaikojen seuranta

Asetusaikojen voitaisiin mahdollisesti nopeuttaa pitämällä seurantaan niistä. Asetuksen vastuuhenkilö voisi kirjata ylös asetuksen nimen, kestoajan ja viivästymisten syyt. Seurannat voisi kirjata tietokonejärjestelmään. Pitkällä aikavälillä seuranta olisi varmasti toimiva ratkaisu, ja osa viivästymisten syistä saataisiin selville sen avulla.

9.4 Ideoiden toteuttamisen kustannukset suhteessa hyötyyn

Parannusehdotusten toteuttamiset vaativat usein kustannuksia, jonka vuoksi on tärkeää selvittää, tuleeko parannuksen tekeminen yritykselle kannattavaksi. Parannusehdotuksia kuvaa alla oleva taulukko 8, johon on lisätty myös kustannusarviot.

Taulukko 8. Ideat asetusaikojen kehittämiseksi

Parannusidea	Hyöty	Panos
	Aika (min) / asetus	Kertakustannus / kone (euroa)
Ohjeet	0 - 180	20
Opastus	0 - 180	10
Viivyttelyyn puuttuminen	0 - 180	0
Lämmittimien merkitseminen	0 - 10	5
Vesikiertomerkinnot	0 - 15	10
Keernavetokaapelit	0 - 20	20
Vesi- ja ilmaletkujen yhdenmukaistaminen	0 - 20	20

Taulukosta voi havaita ideoiden halvat kustannukset suhteessa hyötyyn. Tämä tarkoittaa, että parannukset kannattaa tehdä, sillä ne ovat kannattavia pitkällä ai-

kävällillä. Taulukossa vain työaikakustannuksia aiheuttavia parannuksia, jotka kannattaa ottaa käyttöön välittömästi.

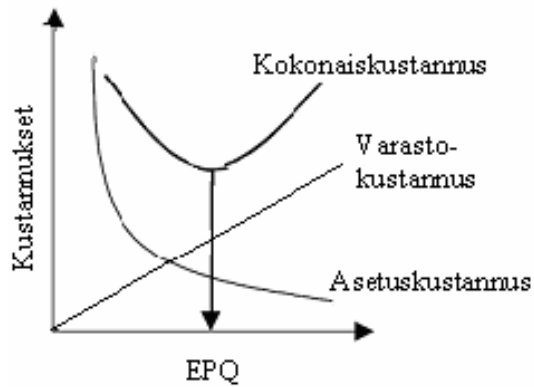
Taulukon ulkopuolelle jäi työvoiman koulutus, sillä sen kustannuksia ja varsinkin hyötyä on vaikea arvioida ilman laajempaa perehtymistä asiaan. Työntekijöiden kannustus jäi myös taulukon ulkopuolelle johtuen sen tuottaman hyödyn vaikeasta arvioinnista.

10. OPTIMAALINEN TUOTANTOERÄKOKO

10.1 Tuotantoeräkoon teoriaa

Alihankintayhteistyössä käytetään usein optimaalisen eräkoon laskentaa hankinta- ja valmistuseräkokojen määrittämiseen. Eräkokolaskelmissa määritellään erilaisia kustannusfunktioita ja lasketaan näiden minimiarvoja. Eräkokolaskelmien tarkoitus on pitää varastointi-, asetus- ja tilauskustannukset tasapainossa. (Bowersox et al 1996, 259.) Taloudelliset eräkoot vaihtelevat toimitusketjussa: tuotannon eri vaiheissa, varastoissa, tilauksissa ja toimituksissa.

Tuotanto tapahtuu yleensä erissä, joiden välissä pidetään taukoa varasto- sekä kokonaiskustannuksien vähentämiseksi. Kiinteistä eräkohtaisista kustannuksista oleellisen osan muodostavat asetus- ja varastokustannusten ollessa tasapainossa saavutetaan taloudellinen tuotantoeräkokoko eli kustannuksiltaan edullisin eräkokoko (kuvio 2). (Helsingin teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden osaston verkkomateriaali.)



KUVIO 2: Taloudellinen tuotantoeräkoko (EPQ)

10.2 Tuotantoeräkoon laskeminen

Optimaalinen tuotantoeräkoko Foxconnilla on laskettu seuraavan kaavan mukaan:

$$EPQ = \sqrt{\frac{2DC_o * p}{C_h * (p - d)}}$$

missä C_h on varastokustannus, eli vuotuisten varastokustannusten laskentaprosentti (esimerkiksi 5). D on vuoden myynti kappaleina, C_o on asetuskustannus, p tuotantonopeus ja d päivittäinen kysyntä. (Helsingin teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden osaston verkkomateriaali.)

$D = 1\,000\,000$ kpl (tuotteen kysyntä vuodessa)

$C_o = 500$ €(asetuskustannus)

$C_h = 5\%$ (varastokustannusten laskentaprosentti)

$p = 10\,000$ kpl (tuotantonopeus)

$d = 5\,000$ kpl (päivittäinen kysyntä)

$$\sqrt{\frac{2 * 1000000 * 500 * \frac{10000}{5000}}{5}} = 20000 \text{ kpl}$$

Foxconnin optimaaliseksi tuotantoeräkooksi tuli teorian mukaan 20 000 kappaletta. Foxconnilla on valmistettu tuotteita ilman teoreettista selvitystä ja tultu siihen tulokseen, että juuri 20 000 kappaleen erissä tuotanto on kannattavinta, joten teoria tukee käytäntöä tässä tapauksessa.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää yleisimmät ruiskuvalukoneiden asetukset ja keksiä ideoita asetuksiin menevien aikojen eli asetusajojen lyhentämiseksi ja arvioida kustannukset parannusehdotuksille. Toinen tavoite oli selvittää yrityksen taloudellinen tuotantoeräkkö ja verrata sitä käytössä olevaan eräkköön.

Työ aloitettiin jakamalla tutkittavat asetukset neljään ryhmään: värin vaihtoon, kopiomuotin vaihtoon, tuotteen vaihtoon ja muotin huoltoon. Asetusajojen lyhentäminen aloitettiin tutkimalla jokaista asetusta ja niiden vaihteita erikseen. Asetuksiin menevät todelliset ajat otettiin ylös, ja niitä verrattiin teoreettisiin oikeassa järjestyksessä tehtävien asetusten aikoihin. Taloudellinen tuotantoeräkkö laskettiin Wilsonin tuotantoeräkköön kaavalla.

Tutkimustuloksista on nähtävissä selkeä ero käytännön ja teoreettisesti mahdollisten asetusajojen pituuksissa. Teoriassa asetukset on mahdollista tehdä huomattavasti nopeammin kuin käytännössä, erityisesti tuotteen vaihtoon menee käytännössä paljon ylimääräistä aikaa. Asetuksissa vievät ylimääräistä aikaa mm. väärä työskentelyjärjestys, koneista johtuvat syyt ja työntekijöistä johtuvat syyt.

Opinnäytetyö täytti sille annetut vaatimukset, sillä tuotannosta löytyi ylimääräistä asetusajaa vievät vaiheet ja niihin on puututtu. Opinnäytetyöstä selvisi myös se, että taloudellinen tuotantoeräkkö on sama kuin käytännössä oleva tuotantoeräkkö, joten yritys pystyi teoriassa vahvistamaan eräkkönsä oikeaksi ja järkeväksi.

Jatkokehityksessä asetusten nopeuttamiseksi tehdään yleiset työohjeet, joista ilmenee oikea työskentelyjärjestys. Esimiesten on valvottava asetusten ohjeen mukaista toteutusta. Koneisiin ja laitteisiin lisätään puutteelliset osat ja merkinnät.

LÄHTEET

Airasmaa, I., Kokko, J., Komppa, V. & Saarela, I. 1991. Muovikomposiitit. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Bowersox, D.J. & Closs, D.J. 1996. Logistical management. McGraw Hill, New York.

Eimo Oyj:n tiedote 19.2.2004 [Viitattu 2.1.2006]

Saatavissa: http://www.eimo.com/fin/tiedote_19022004.html

Eloranta, E. & Räisänen, J. 1986. Ohjattavuusanalyysi. SITRA, Helsinki.

Foxconn Oy. [Viitattu 1.2.2006] Saatavissa: <http://www.eimo.com/fin/>

Helsingin teknillisen korkeakoulun tuotantotalouden osaston verkkomateriaali. [Viitattu 19.1.2006] Saatavissa: http://www.tuta.hut.fi/studies/Courses_and_schedules/Teta/TU-22.1101/laskarit/s2005_LH7.pdf

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

Kuopion avoimen yliopiston tuotantotalouden verkkomateriaali. [Viitattu 10.1.2006] Saatavissa: http://www.uku.fi/avoin/tuta/j4_6kapasiteettivar.htm

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 1999. Muovitekniikan perusteet. Hakapaino Oy, Helsinki.

Lavikainen J-P. 2005. Tuotannon ohjaus. Lahden ammattikorkeakoulu, Lahti. [Viitattu 30.12.2005]

Olhager, J. 1989. Setup timing. Profil, Linköping.

Seppälä, J. 1997. Polymeeritekniikan perusteet. Hakapaino Oy, Helsinki.