

**MUOTIN ASETUSAJAN LYHENTÄMINEN  
SMED – JÄRJESTELMÄN AVULLA**

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Materiaali- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Muovitekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Opinnäytetyö  
Kevät 2006  
Maksim Pellja

Lahden ammattikorkeakoulu  
Materiaali- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

PELLJA, MAKSIM: Muotin asetusajan lyhentäminen SMED – järjestelmän avulla

Muovitekniikan opinnäytetyö, 75 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2006

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää uusi ohjeistus linssimuotin ylösajolle. Tavoitteena oli lyhentää muotin asetusaikaa uuden toimintatavan avulla SMED – järjestelmän oppien mukaan. SMED – järjestelmää käsittelevän osuuden opinnäytetyöstä tein oppilaitoksessa ja loput Foxconn Oy:n HOLA-tehtaalla Hollolassa.

Pääosassa alun teoriaosuutta käsitellään tri Shigeo Shingo:n kehittämää SMED – järjestelmää, joka on asetusajojen rationalisointiin perustuva menetelmä. Tässä osassa käydään läpi menetelmän idea sekä SMED – järjestelmän tarkoitus, joka on osa Toyota Manufacturing Systemia.

Työn toisessa osuudessa käsitellään yrityksen nykyistä muotinasennusmenetelmää, joka perustuu henkilöstön haastatteluihin ja muotin asennusten aikana tehtyihin muistipanoihin sekä alan kirjallisuuteen. Osuuden lopussa on tehty aikatutkimus muotin ylösajosta nykyisellä ohjeistuksella. Aikatutkimuksen tulokset osoittavat, että asetusajat ovat valtaosin sisäisiä. Näiden siirtäminen ulkoisiksi tai kehittäminen on merkittävä kehittämismahdollisuus.

Kolmannessa osassa kehitetään muotinasennustyövaiheita, joissa tavoitteena on löytää keinoja muotin asetusajan lyhentämiseksi hyödyntämällä SMED – järjestelmän oppia.

Neljännessä osassa kehitetyn ohjeistuksen avulla tehtiin muotin ylösajo, jonka pohjalta laadittiin uusi aikatutkimus. Tämän avulla voitiin arvioida uuden järjestyksen paremmuutta vanhaan käytössä olleeseen asennustapaan. Lopuksi työssä esitetään jatkokehitystoimenpiteet, joiden avulla voitaisiin vähentää vieläkin enemmän muotin asetusaikaa.

Asiasanat: asetus aika, SMED – järjestelmä, muotin vaihto, sisäiset asetukset, ulkoiset asetukset.

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

PELLJA, MAKSIM: Reduction of die setup times with the help of the SMED system

Bachelor's thesis in plastics engineering, 76 pages, 2 appendices

Spring 2006

#### ABSTRACT

---

The main goal of this study was to develop a new method for the setup of dies in the manufacture of plastic products. The aim was to shorten the setup time of die exchange with the help of the SMED (Single-digit Minute Exchange of Dies) system. The work was commissioned by Foxconn in Hollola.

The first part mainly theoretically illustrates the idea and purpose of the SMED system, which was developed by Dr. Shigeo Shingo and is part of the Toyota Manufacturing System. The system is based on rationalization of the exchange time of dies.

The second part of the work examines how the setup of dies is done in the company at present. This part is based on interviews of the personnel, notes made during die setups and literature on this field of studies. In the end of this part there is a time study of the setup of dies used with the present method, and the results are presented graphically. The results show that most setup procedures are internal setups. Substantial opportunity for improvement is seen in the conversion of internal setups to external setups.

The third part deals with the improvement of the work stages during die setup, by shortening the setup time with the help of the SMED system.

In the fourth part a second time study was done with the help of the improved method of die setup. Then it was possible to assess the advantages of the new method in comparison to the old one. In the end of the work, possible steps for further development are presented with the help of which setup times could become even shorter.

Keywords: setup time, SMED system, die exchange, internal setup, external setup.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Yritysesittely.....	1
1.2	Työn tavoitteet.....	3
2	SMED – JÄRJESTELMÄ.....	4
2.1	Yleistä.....	4
2.2	Eräkoko ja asetukset.....	5
2.2.1	Eräkoko.....	5
2.2.2	Hyvä toiminnan ja kehittämisen ajatus.....	5
2.2.3	Asetukset.....	6
2.2.4	Asetusajan vaikutus.....	8
2.2.5	Syitä asetusajojen lyhentämiseen.....	9
2.3	Tuotannon virtaus.....	9
2.3.1	Työnvaiheiden rationalisointi.....	10
2.3.2	Mallin käyttö.....	13
3	SMED – JÄRJESTELMÄ KAHDEKSANVAIHEINEN TYÖ.....	13
3.1	Yleistä.....	13
3.2	Prosessin asetuksen vaiheet.....	14
3.2.1	Vaihe 1.....	14
3.2.2	Vaihe 2.....	14
3.2.3	Vaihe 3.....	15
3.2.4	Vaihe 4.....	15
3.3	SMED – Järjestelmän toteutus.....	15
3.4	SA:n ja UA:n erottaminen.....	16
3.4.1	Ulkoinen asetus aika.....	16
3.4.2	Sisäinen asetus aika.....	16
3.5	Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi asetukseksi.....	17
3.5.1	Muotin esilämmitys.....	17
3.5.2	Virtaviivaistetaan jäljelle jäävät asetusoperaatiot.....	18
3.5.3	Asetuksien erottelu apuvälineitä käyttäen.....	18
3.5.4	Tarkastukset.....	21
3.5.5	Kuljetusten kehittäminen.....	21
3.6	Standardointi.....	21
3.7	Toiminnollinen kiinnitinjärjestely.....	22

3.8	Etukäteen asetettuja kiinnittimiä .....	24
3.8.1	Erilliset pöydät.....	24
3.8.2	Ohjauskiskot .....	25
3.8.3	Muotin kohdistusmenetelmä.....	26
3.9	Samanaikaiset työtehtävät .....	26
3.10	Hienosäädön poisto.....	27
3.10.1	Paikoittaminen ja hienosäätö .....	28
3.10.2	Tulkin käyttö.....	28
3.10.3	Valintamenetelmä .....	29
3.10.4	Numeroitujen skaalojen käyttö .....	30
3.11	Mekanisointi .....	31
3.12	Yhteenveto.....	32
3.12.1	Vaihe1. Lähtötilanne .....	32
3.12.2	Vaihe 2. SA:n ja UA:n erottaminen.....	33
3.12.3	Vaihe 3. SA:n muuntaminen UA:ksi.....	33
3.12.4	Vaihe 4. Hienosäädön poisto kiinnityksessä .....	33
4	NYKYISEN MENETELMÄN KARTOITUS .....	34
4.1	Työturvallisuus muotin asennuksessa .....	34
4.2	Laitteiden työturvallisuus .....	34
4.3	Asennuksessa tarvittavat työkalut .....	35
4.4	Muotin nosto ruiskuvalukoneeseen .....	35
4.4.1	Ruiskuvalukoneen puhdistus .....	35
4.4.2	Muotin puhdistus .....	35
4.4.3	Muotin nosto ja kiinnitys.....	36
4.4.4	Säätö vaakatasoon.....	36
4.4.5	Pulttien kiristys .....	37
4.4.6	Takapöydän ajo ja muotin kiinnitys takapöytään .....	37
4.4.7	Muotin aukiajo.....	37
4.5	Temperointilaitteet.....	38
4.5.1	Yleistä.....	38
4.5.2	Temperoinnin tarkoitus.....	38
4.5.3	Temperointiletkujen tarkistus ja kiinnitys muottiin.....	38
4.5.4	Temperointilaitteiden käynnistys .....	39
4.6	Kuumakanavajärjestelmän käynnistys.....	39

4.7	Paineilmaletkujen kiinnitys .....	40
4.7.1	Neulasuuttimet .....	40
4.7.2	Foiliklamppien ja ulostyönnön säätö .....	40
4.8	Kalvonsyöttölaite .....	41
4.8.1	Toiminta .....	41
4.8.2	Kalvonsyöttölaiteen kohdistusmenetelmä .....	43
4.8.3	Prosessi .....	45
4.8.4	Foilinsäätölaitteiden kiinnitys muottiin .....	46
4.8.5	Siirtopainatuskalvon kohdistus .....	47
4.8.6	Siirtopainatuskalvon imu .....	47
4.8.7	Paikoitusanturien säätö .....	48
4.8.8	Paikoitusanturien herkkyyden säätö .....	48
4.9	Ruiskuvalukoneen valmistaminen ajoon .....	48
4.9.1	Ruiskutusyksikön lämpötilan asetus .....	48
4.9.2	Kuumakanavalaitteen nosto ajolämpötilaan .....	49
4.9.3	Muotin automaattinen korkeuden säätö .....	49
4.9.4	Ruiskutusyksikön puhdistusajo .....	50
4.9.5	Ruiskutusyksikön ajo kiinni muottiin .....	50
4.9.6	Muotin läpiruiskutus .....	51
4.9.7	Muotin iskulukeman nollaus .....	51
5	EHDOTUKSET TUOTANNON PROSESSEILLE .....	52
5.1	Alasajoprosessin toimintamalli .....	52
5.1.1	Kone on pysähdyksissä yli vuorokauden .....	52
5.1.2	Kone on pysähdyksissä alle vuorokauden .....	53
5.2	Ylösajoprosessin toimintamalli .....	53
5.2.1	Kone on pysähdyksissä yli vuorokauden .....	53
5.2.2	Kone on pysähdyksissä alle vuorokauden .....	53
6	EHDOTUKSET MUOTIN ASENNUKSELLE .....	54
6.1	Muottihuolto .....	54
6.2	Muotin asennuksessa tarvittavia työkaluja .....	55
6.3	Temperointilaitteet .....	56
6.4	Temperointiletkujen tarkastus .....	56
6.5	Letkut .....	57
6.6	Paineilmaletkut .....	57

6.7	Foilinsäätölaitteet.....	57
6.8	Muotin kiinnitys .....	57
6.9	Ulostyöntö .....	58
6.10	Autopuhdistus.....	58
6.11	Lämpökäsiineet.....	58
7	UUSI TYÖJÄRJESTYS MUOTIN ASENNUKSESSA.....	59
7.1	Lämpötilan aikamittaukset .....	59
7.2	Työkaverin työvaiheet .....	60
7.3	Aloittaminen .....	61
7.4	Työnkulku.....	61
7.5	Muotin asennusjärjestys .....	61
7.6	Johtopäätökset .....	62
8	YHTEENVETO.....	63
	LÄHTEET .....	64
	LIITTEET .....	66

## Lyhenneluettelo

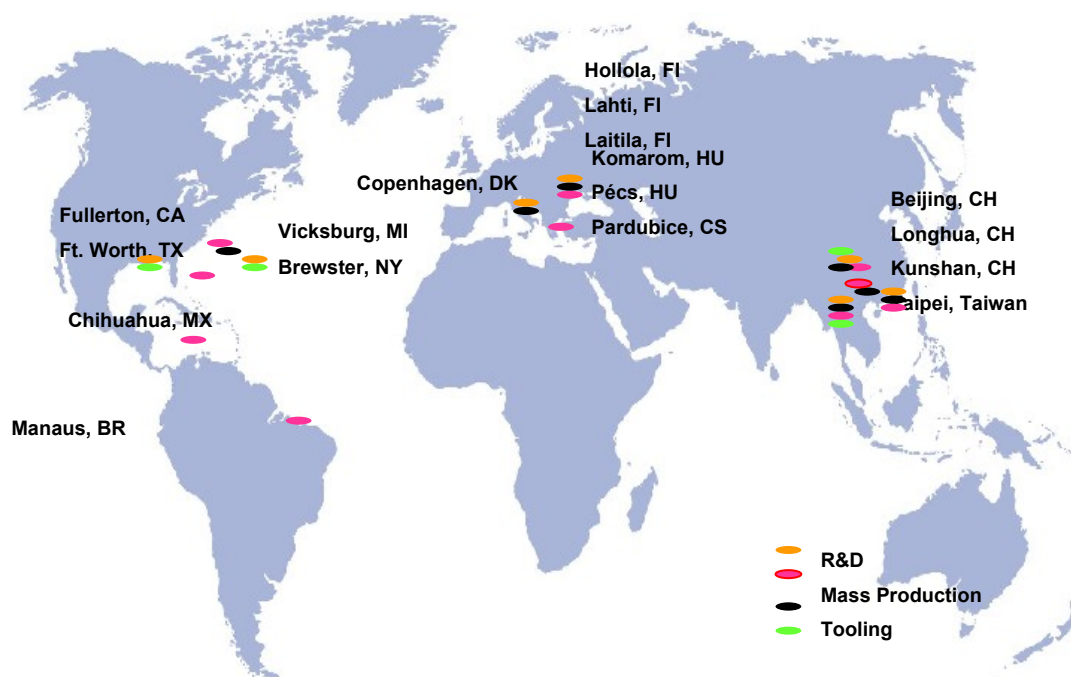
OTED	One Touch Exchange of Die, työkalun vaihto napin painalluksella
TPS	Toyota Manufacturing System, Toyotan tuotannon järjestelmä.
SMED	Single-digit Minute Exchange of Die, menetelmä asetusajkojen lyhentämiseksi.
IMD	In-Mold Decoration, ruiskuvalutekniikka.
IML	In-Mold Labeling, ruiskuvalutekniikka.
HOLA-tehdas	Lahden ja Hollolan tehtaasta käytetty nimitys yhdistämisen jälkeen.
LCM	Last Common Multiple, valintamenetelmä
SA	Sisäinen asetus
UA	Ulkoinen asetus
IED	Inside Exchange of Die, sisäinen asetus
OED	Outside Exchange of Die, ulkoinen asetus



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Yritysesittely

Hon Hai Precision Industry Co., Ltd. (Foxconn) on kansainvälinen korkeaan teknologiaan keskittynyt teollisuusryhmä. Foxconn Oy on perustettu vuonna 1974, ja sen pääkonttori sijaitsee Taipei kaupungissa Taiwanissa. Vuonna 2002 teollisuusryhmän liikevaihto ylitti USD 7 miljardia. Yrityksellä on toimipaikkoja Pohjois-Amerikassa, Euroopassa sekä Aasiassa, ja se harjoittaa liiketoimintaansa maailmanlaajuisesti (kuvio 1).

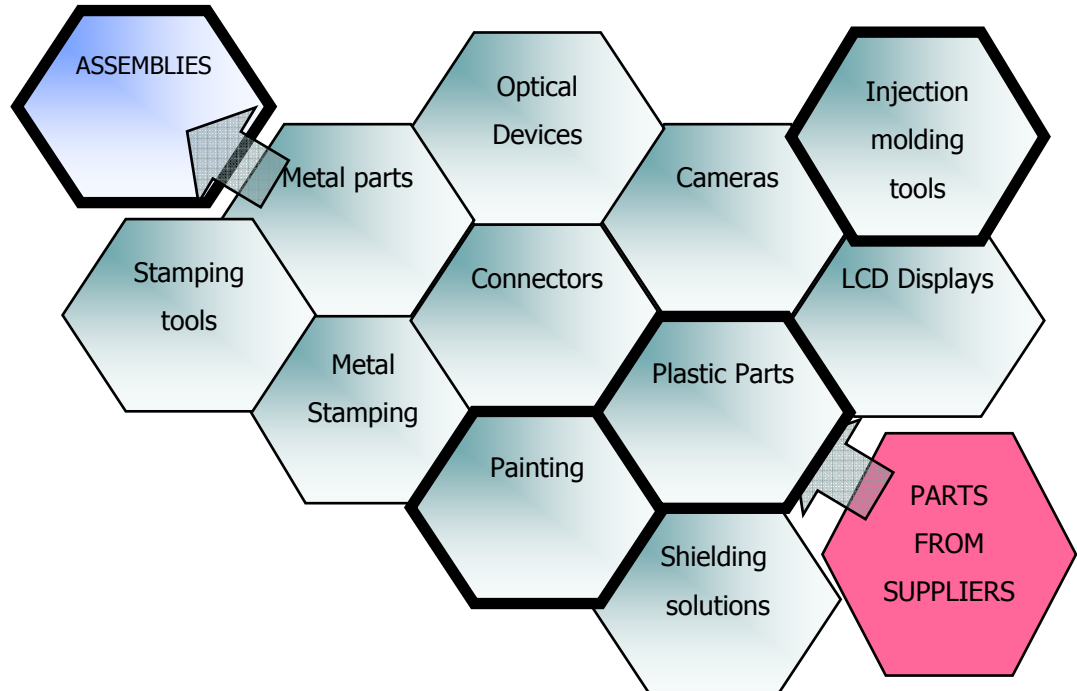


**Kuvio 1. Foxconn Oy:n tehtaiden sijoittuminen maailmalla**

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 järjestelmäintegraatioiden toimittaja. Foxconn Oy:n laaja teknologinen suuntautuminen esitetään kuviossa 2.

Yrityksen pääperiaatteet ovat laatu, kustannustehokkuus, nopeus, joustavuus ja tämän palveluksessa globaalisesti on yli 29 000 työntekijä (30 syyskuu 2004). (Foxconn Oy 2006)



**Kuvio 2. Foxconn:in teknologinen suuntautuminen**

Opinnäytetyö tehtiin Foxconn HOLA-tehtaan Hollolan toimipisteessä.

HOLA-tehtaalla tarkoitetaan kesällä 2002 yhdistyneitä Lahden ja Hollolan tehtaita.

Foxconn Oy:n tuotteet Hollolassa, tässä tapauksessa matkapuhelimien kuoret ja linssit, ovat luonteeltaan suurvolyymituotteita, joiden valmistus on pitkälle automatisoitu. Tuotantoprosessiin kuuluu ruiskuvalun lisäksi kokoonpano ja maalaus. Perinteisen ruiskuvalun lisäksi on myös IMD (In-Mold Decoration) ja IML (In-Mold Labeling) –tekniikat.

## 1.2 Työn tavoitteet

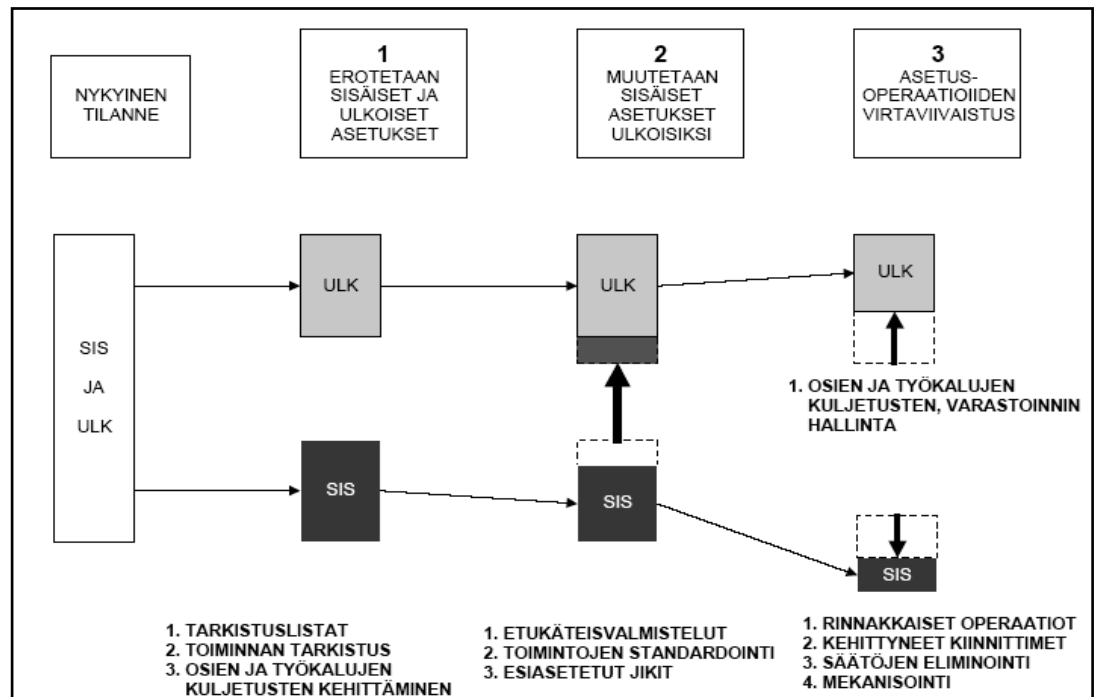
Työn tavoitteena on muovilinssin valmistukseen liittyvän ruiskuvalumuotin vaihtoasetuksien kehittäminen Shigeo Shingon kehittämää SMED – järjestelmän metodiikan avulla ja sen mahdollista käyttöönottoa mukautettuna se Foxconn Oy:n muottivaihtoasetuksiin.

SMED (Single-digit Minute Exchange of Die) metodiikka on asetusaikeiden tiivistämiseksi tarkoitettu työkalu, joka on osa Toyota Manufacturing System:n (TPS) laatuajattelua. Sen keskeisenä ideana on jakaa asetusten vaihdossa toimenpiteet sisäisiin ja ulkoisiin aktiviteetteihin. Sisäiset aktiviteetit voidaan tehdä vain koneen ollessa pysähdyksissä, kun taas ulkoiset aktiviteetit voidaan tehdä prosessin ollessa päällä. Luonnollisesti tarkoituksena on vähentää tai nopeuttaa sisäisiä aktiviteetteja kehittämällä ja monipuolistamalla ulkoisia aktiviteetteja. Asetuksella tarkoitetaan tässä tapauksessa linssimuotin vaihtoa. Työn tuoma etu nopeuden lisäksi on myös se, että oppeja voidaan laajentaa myös muihin asetuksiin, kuten raaka-aineen tai tuotteen vaihtoon.

## 2 SMED – JÄRJESTELMÄ

### 2.1 Yleistä

Kustannusvaikutuksia on pyritty hillitsemään kasvattamalla valmistuseräkkoa. Suurista valmistuseristä on puolestaan tuttuja seurauksia: varastoja, tilatarvetta, pitkiä läpimenoaikoja, laatuongelmia, häviämistä, etsimistä jne. Silloin välillisiä kustannuksia syntyy paljon. SMED metodiikan avulla lyhennetään koneiden asetusajoja, minkä seurauksena eräkoot voivat pienentyä. Tämän aikaansaamiseksi Toyotalla käytetään systemaattisesti SMED – menetelmää, joka esitetään kuviossa 3. SMED ” Single-digit Minute Exchange of Die ” on menetelmä asetusajojen lyhentämiseksi. SMED – käsite merkitsee kaikkien koneiden asetusajojen olennaista alentamista. Tämä systeemi sai nimensä, kun menetelmän kehittäjä Shigeo Shingo, onnistui sen avulla lyhentämään erään asetusajan alle kymmenen minuutin (yksinumeroiseksi määräksi minuutteja). SMED – menetelmä on osa Toyota Manufacturing System:ia joka on kehitetty erityisesti lastuavaa työstöä ja levyn puristusta ajatellen. Sitä voi kuitenkin käyttää kaikenlaisiin operaatioihin.



**Kuvio 3. SMED – järjestelmä**

(Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 10.)

## 2.2 Eräkoko ja asetukset

### 2.2.1 Eräkoko

Eräkoon supistamista pieneksi puoltaa tavoite pitää varastot, erityisesti tuote- ja puolivalmisteverastot mahdollisimman pieninä. Tavoitteena on mieluummin valmistaa varastottomasti. Tuotevarastoissa on pääomakustannuksen ohella suurena riskinä epäkurantin varaston syntyminen, ellei valmisteta joka tuotetta tilauksen perustella. Asiakastilauksiin panostava valmistus edellyttää pieniä eriä, koska tilauksia ei voida toimitusaikojen vuoksi kerätä kovin pitkältä ajalta. Pieni eräkoko merkitsee useampia eriä. Koska jokaisella erällä on eräkohtaisia menoja, kokonaisuudet pyrkivät kasvamaan. Jokaiselle erälle syntyvät kustannukset painavat eräkokoja suurenevaan suuntaan.

Eräkohtaisia kustannuksia syntyy

- asetusajasta
- tehtaan sisäisistä kuljetuksista
- ulkoisista kuljetuksista, mikäli erilaiset tilaukset hoidetaan erittäin
- ohjaustoiminnoista.

(Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 12.)

### 2.2.2 Hyvä toiminnan ja kehittämisen ajatus

1. Valmistus suoritetaan vain varman tilauksen perusteella. Silloin poistetaan epäkurantin varaston syntymisvaara. Tilaus voi olla myös varastotilaus. Tällöin tämä varasto kuuluisi myynnin eikä tuotannon vastuualueeseen. Tuotannon näkökannalta myynti on asiakas.
2. Eräkoko on enintään näkyvässä oleva tarve. Jos tilaus on suuri, silloin valmistus jaetaan toimitusten mukaisiin sopiviin eriin.
3. Omaa tekniikkaa kehitetään siten, että taloudellisia esteitä kohtien 1. ja 2. soveltamiselle ei ole. Asetustekniikka on tärkeässä asemassa, mutta myös tuotantojärjestelmän hoitojen nopeuttaminen ja automatisointi.

4. Oman tuotteen lyhyt läpäisy aika suhteessa markkinoiden toimitusaikaan mahdollistaa suuremmat erät, koska tilausten varaaminen mahdollistuu pitemmällä aika-välillä kuin pitkän läpäisyn menetelmässä.  
(Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 13-14.)

### 2.2.3 Asetukset

Asetukseksi sanotaan toimenpiteitä, jotka ovat tärkeitä koneen, työaseman tai muun tuotantolaitteen saattamiseksi tuotteen x vaaditusta muodosta, tuotteen y vaatimaan muotoon.

Asetustyö koostuu:

- muotin vaihdosta tai siihen kuuluvien yksittäisten työkalujen (jikien) vaihdosta
- asettamisesta
- kiinnittimien kiristyksestä/löysäämisestä
- vesiletkujen, paineletkujen liittämistä, jne.
- lämmityksestä
- työstöohjelman kutsumisesta ja siirrosta
- mahdollisesti joidenkin muidenkin parametrien asetuksista
- robotin tarttujan (kouran tai sen sormien) vaihdosta
- käyttöönoton testauksesta

Asetusten hoitaminen valmistusjärjestelmässä perustuu seuraavaan:

- Tuotanto pysäytetään vain vaihdon ajaksi, ja vaihto on siten valmisteltu, esim. työkalut, jikit, oikeat kiinnikkeet, ovat kunnossa ja vieressä, ettei siihen kulu aikaa.
- Asetusten vaihtotarve poistetaan joustavilla koneilla ja vakioasetuksilla.
- Asetustyö limitetään valmistuskoneen jatkuvan käynnin ylläpitäväksi toiminnaksi.
- Asetusten vaihto automatisoidaan

Universaalia kiinnitintä ei ole onnistettu kehittämään kaupalliselle tasolle, tämän takia kiinnittimien kiristys ja vaihto on tavallinen toimenpide asennuksessa. Kiinnitintä voidaan kuitenkin limittää jalostavaan aikaan, esimerkiksi kun työvaiheessa pistehitsataan peltiosa autoon koriin. Silloin työpaikan vieressä on yksinkertainen puristin ja koneenkäyttäjä syöttää pellin puristimeen ja käynnistää sen. Sillä aikaa, kun puristin tekee työjaksoa, työntekijä hitsaa aiemmin valmiiksi puristamansa peltiosan koriin. Kun tämä on valmis, hän hakee seuraavan valmiiksi puristetun osan ja panostaa puristimen uudelleen ja laittaa sen käyntiin jne.

Työkaluasetukset voivat olla kappalekohtaisia ja universaaleja vakioasetuksia. Universaalit vakioasetukset eivät vaadi erillistä valmistusaikaa verottavaa asetusta. Työkappalekohtaisissa asetuksissa asennus tehdään koneen ulkopuolella ja työkappaleen vaihtotekniikka koneessa nopeutetaan. Vakioasetustekniikka on kuitenkin paljon parempi vaihtoehto ylivoimaisuuden johdosta.

Asetusten nopeuttaminen perustuu vakioimiseen. Esimerkiksi:

- Työkalut ovat vakioasetuksina koneessa.
- Foilin laadusta tulevat asetukset karsitaan.
- Työkalujen korkeusmitat standardoitu.
- Kaikki työvälaineet ovat vakiopaikoilla otettavassa.
- Kiinnityskohdat on standardisoitu ja mekanisoitu.

Vakioasetus tarkoittaa tekniikkaa, jossa erilaiset työkalut ovat makasiinissa. Tuote on suunniteltu niin, että se on asetuksen työkaluilla valmistettävissä.

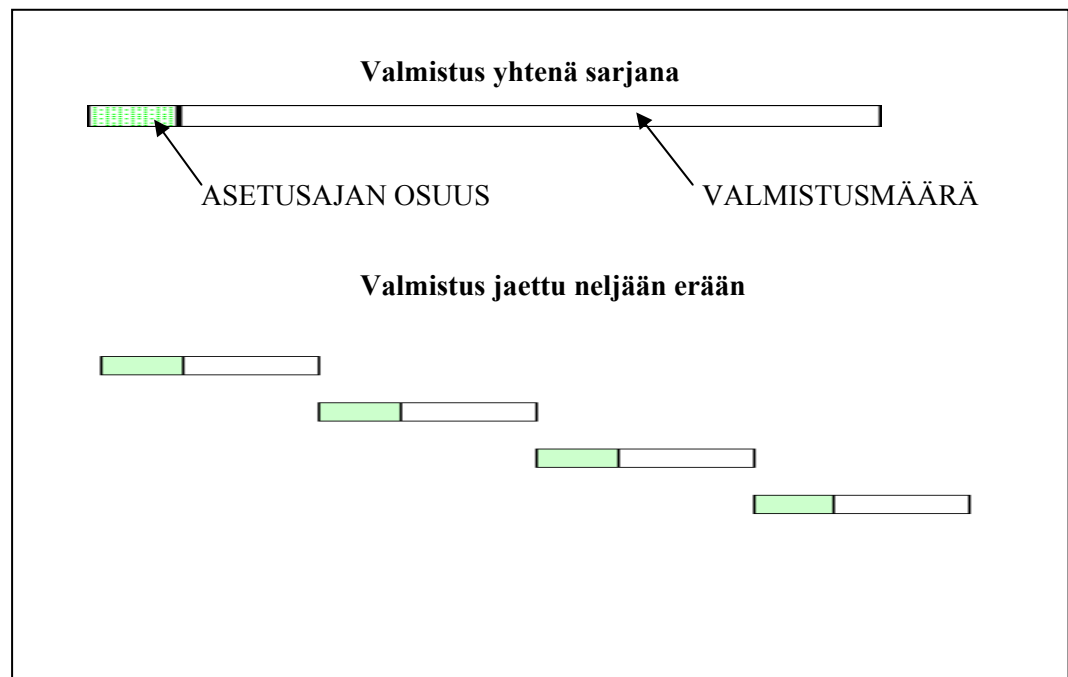
Yhteistoiminta tuotesuunnittelun ja valmistuksen kesken tulee olla erinomainen.

Asetuksia voidaan automatisoida. Silloin asetus on jonkin verran manuaalista nopeampi, mutta kalliin laitteiston vuoksi ei aina taloudellisesti kannattava.

Automatisoinnin seurauksena valmistuksen jatkuminen ei riipu käyttäjistä. Ilman automatisointia miehittämättömässä vuorossa (esimerkiksi yövuorossa) on mahdollista tehdä vain samaa tuotetta. Kun vakiointi on sopivasti realisoitu, konetta käyttävän yksikön asetustyö on apuaikaa muistuttavaa ylläpitävää toimintaa, joka liittyy jalostavan ajan kanssa. Eli kone seisoo asetuksen vuoksi hyvin vähän aikaa. (Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 16-17.)

## 2.2.4 Asetusajan vaikutus

Tässä on esitetty periaate asetusajan vaikutuksesta, kun erien lukumäärä kasvaa valmistusmäärän pysyessä samana (kuvio 4). Tästä huomaa, kuinka tärkeää on asetusajojen lyhentäminen, kun eriä on enemmän kuin yksi. Alhaalla olevasta kuvasta voi päätellä, että koko valmistusmäärään tarvitaan enemmän aikaa kuin yhtenä sarjana valmistukseen. Lisäaika on tässä tapauksessa  $3 \times$  asetus aika. Kuitenkin lyhyinä sarjoina valmistaminen on usein kokonaistaloudellisesti edullisempaa, koska kysyntä voidaan tyydyttää tasaisemmin sekä mahdollisen epäkurantin varaston todennäköisyys pienenee. (A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 15.)



**Kuvio 4. Asetusajan vaikutus**



### 2.2.5 Syitä asetusaikojen lyhentämiseen

Seuraavassa on lueteltu syitä siihen, miksi asetusaikoja pitää lyhentää:

- parempi palvelukyky
- pienet valmistuserät
- pienet varastot
- lisää kapasiteettia
- työn tuottavuus paranee
- laaduntuottokyky paranee



Eli asetusaika on lyhennettävä, koska pienten valmistuserien takia kustannukset nousevat kohtuuttomiksi. Lyhyet asetusatjat ovat perusta joustavalle asiakaspalvelulle. (A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 16.)

### 2.3 Tuotannon virtaus

Tuotannon virtausta tarkastellessa voidaan lähteä liikkeelle joko prosesseista tai työvaiheista. Muutos raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi tapahtuu prosessissa. Tällä operaatiolla tarkoitetaan koneen tai työntekijän suorittamaa vaihetta raaka-aineelle, puolivalmisteelle tai valmiille tuotteelle. Prosessivaiheet voivat olla seuraavat, kun tuotetta valmistetaan ruiskuvalukoneella. (taulukko 1).

**Taulukko 1. Prosessivaiheet ja operaatiot**

PROSESSIVAIHEET	OPERAATIOT
1. Raaka – aineen varastointi.	
2. Raaka – aineen kuljetus koneille.	
3. Sen varastointi koneiden lähelle.	
4. Sen prosessointi koneiden avulla →	asetusvaihe ja jalostava vaihe
5. Valmiin tuotteen varastointi koneiden viereen.	
6. Valmiin tuotteen tarkastus.	
7. Tarkastetun tuotteen lähettäminen asiakkaalle.	

**(Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 13.)**

Tarkastellessa valmistusprosessia on ensisijaisesti tutkittava, kuinka tuote läpäisee eri työvaiheet. Työvaiheita tarkastellessa ovat lähtökohtana sen sijaan yksittäiset ihmisen ja koneen tekemät työerät. Muutos, jossa raaka-aineesta tehdään asteittain tuote, voidaan analysoida myös työvaiheena.

Tällä tavalla voimme tarkastella tuotannon virtausta prosessien ja työvaiheiden muodostamana verkkona, jossa huomioidaan joko työvaihetta ja sitä, kuinka koneenkäyttäjä/kone vaikuttaa tuotteeseen – tai prosessia ja sitä, miten raaka-aine muuttuu asteittain valmiiksi tuotteeksi.

Sääntönä pidetään, että on tarkasteltava ja kehitettävä valmistusprosessia, ennen kuin ryhdytään tekemään samaa työvaiheille. Tämä pohjautuu siihen, että oikealla suunnittelulla voidaan tietyt työvaiheet poistaa kokonaan. Kaikki näiden työvaiheiden työstämiseen uhrattu aika ja työ olisivat menneet hukkaan. Prosessin kehittämisellä (tuotteen virtauksella) on näin ollen korkeampi prioriteetti kuin työvaiheilla. (Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 16-18.)

Tuotteen valmistusmenetelmän kehittämisessä pääpaino on usein jalostavassa vaiheessa eikä asetusaikaan juuri puututa. Shigeo Shingon mukaan asetusten kehittäminen tuotantoprosessissa on tärkeä kehityskohde.

### **2.3.1 Työvaiheiden rationalisointi**

Prosesseja voidaan erottaa neljä eri tyyppiä, nämä ovat jalostus, tarkastus, kuljetus ja varastointi. Samalla tavalla työkappale läpäisee eri jalostustyövaiheita, tarkastustyövaiheita, kuljetustyövaiheita ja varastointityövaiheita.

Työvaiheeseen sisältyvät osatekijät Toyota-järjestelmässä esitetään kuviossa 5, jossa tarkastellaan tämän kokonaisuuden ajan jakautumista osatekijöihin. (Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 25.)

Seuraavassa on lueteltu kuvion 5 vaiheiden sisältö:

**a) Esivalmistelu ja jälkikäteen tehtävä järjestely**

Työnerät ennen ja jälkeen työvaiheita. Ts. ne ovat tulo- ja lähtölogistiikkaan kuuluvia tehtäviä.

**b) Tekemisaika**

jalostus – työkappaletta käsitellään koneessa

tarkastus – tuotteen laadun mittaaminen

kuljetus – tuotteen siirto ja organisointi paikasta toiseen

varastointi – tuotteen säilytys hyllyllä, lavoilla jne.

**c) Valmistelu-aika, päätehtävää avustava osuus**

Jalostus – kiinnittäminen ja irrottaminen koneesta

Tarkastus – instrumenttien ja tarkastuslaitteiden käsittely

Kuljetus – tuotteen kuormaus ja purkaus kuljetusvälineelle

Varastointi – tuotteen varastoon laittaminen ja varastosta ottaminen

**d) Elpymisaika, lepo**

**e) Henkilökohtainen apuaika**

Sosiaalituloissa käynti, vedenjuonti jne.

**f) Työvaiheesta aiheutuva hukka-aika**

Se on epäsäännöllisesti esiintyvää, työvaiheen suorittamiseen liittyvä työ, kuten voitelu, konerikot, viallisten kappaleiden käsittely jne.

**g) Työympäristöstä aiheutuva hukka-aika**

Epäsäännöllisesti esiintyvä työ, joka on yhteistä kaikille työvaiheille; materiaalin haku, erilaisten kappaleiden manipulointi jne. (Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 26.)



### 2.3.2 Mallin käyttö

Edellistä kuviomallia käytetään, kun joku osa valmistetaan sarjatuotannon tapaisesti; osan valmistuksen analyysi, mittaaminen ja suunnittelu voivat olla mielekästä edelliseen kuvaan nojaten.

Prosessin erilaiset yksityiskohdat analysoidaan toimivan kokonaisuuden saamiseksi. Tutkimuksen analysoinnin suorittavat aloittavaan prosessiin valitut työntutkijat yhteistyössä työntekijöiden ja prosessiryhmän kanssa. Modernin työntutkimuksen ideana on, että prosessin sisäänajon jälkeen prosessista vastaavat henkilöt itsenäisesti jatkavat kehitystoimintaa jatkuvan kehityksen periaatteella. (Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 28.)

Työkalun asetusajan lyhentäminen Shigeo Shingon:n SMED - menetelmän mukaan on osa tätä kehitystoimintaa. Pienerävalmistus on Toyota-järjestelmän perusedellytys. Tämän takia on jo aikaisessa vaiheessa sovellettava SMED:iä. Toisin sanoen SMED on portti Toyota-järjestelmään.

## 3 SMED – JÄRJESTELMÄ KAHDEKSANVAIHEINEN TYÖ

### 3.1 Yleistä

SMED – menetelmän ideana, joka on väline lyhyiden asetusajkojen toteuttamiseksi, on jakaa asetusten vaihdossa toimenpiteet sisäisiin sekä ulkoisiin asetuksiin.

SA (sisäinen asetus) voidaan tehdä ainoastaan koneen seisoessa (engl. IED ”Inside Exchange of Die”), esimerkiksi muottia vaihdettaessa. UA (ulkoisen asetus) on asetus, joka tehdään koneen käydessä (engl. OED ”Outside Exchange of Die”). Esimerkiksi seuraavan työkalunvaihdon esivalmistelu. Tarkoituksena on nopeuttaa tai vähentää sisäisiä asetuksia kehittämällä ja monipuolistamalla ulkoisia asetuksia.

SMED – menetelmä ei tarkoita niinkään suoranaista mekanisointia, vaan asetusten rationalisointia, joka on etusijalla ennen automaatiota. SMED on pikkutarkka asetusajojen pienentämiseen tarkoitettu systeemi, joka erottelee varsinaisen koneajan asetusajasta.

### **3.2 Prosessin asetuksen vaiheet**

Sovellettaessa SMED:iä tapahtuu kehitys usein seuraavassa neljässä vaiheessa.

#### **3.2.1 Vaihe 1**

Tähän osaan sisältyy esimerkiksi valmistelu, prosessin jälkeiset säädöt, materiaalien-, työkalujen-, terien-, muottien- ja jikien tarkastukset. Osuus kokonaisajasta on 30 %. Tämä askel varmistaa, että kaikki tarvittavat työvälineet, osat ja muotin komponentit ovat siinä, missä niiden tulisi olla. On varmistettava, että ne ovat asianmukaisesti toimivia. Tähän askeleeseen myös kuuluu ajanjakso, joka on onnistuneen asennuksen lopussa. Siihen sisältyy:

- työkalujen ja osien palautus omille paikoilleen
- kiinnittimien organisointi ja kerääminen
- vanhan muotin kuljetus muottihuoltoon
- paikkojen siivous jne.

(A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 27.)

#### **3.2.2 Vaihe 2**

Tähän osaan sisältyy työkalujen ja osien kiinnitykset ja irrotukset, kun prosessi on loppuun saatettu. Osuus ajasta on 5 %. (A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 27.)

### 3.2.3 Vaihe 3

Tähän osaan sisältyvät erilaiset mittaukset, asettamiset ja kalibroinnit. Osuus ajasta on 15 %. Tämä askel viittaa kaikkiin toimenpiteisiin, kuten asennuksen mittauksiin ja kalibrointiin, jotka on tehtävä oikeassa järjestyksessä, jotta suoriudutaan tuotanto-operaatioista. (A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 28.)

### 3.2.4 Vaihe 4

Tähän osaan sisältyvät koeajot ja säädöt ja nämä vaiheet vievät 50 % ajasta. Mitä suurempi tarkkuus asennuksessa, mittauksessa ja kalibroinnissa, katso (3.2.3), sitä helpompi on löytää oikeat säädöt.

Testin pituuden ja oikeiden säätöjen löytäminen riippuu koneenhoitajan taidoista. Ylensä suuret ongelmat piilevät oikeiden asetusten löytämiseen laitteissa. Tästä seuraa, että suuri osa ajasta menetetään koeajon yhteydessä. Jos halutaan tehdä asennuksesta ja koeajosta helpompia ja vähän aikaa kuluttavia prosesseja, silloin on lisättävä tarkkuutta edeltävissä toimenpiteissä, kuten mittauksissa, asettamisissa, kalibroinnissa jne. (A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 28.)

## 3.3 SMED – Järjestelmän toteutus

SMED – menetelmä toteutetaan seuraavassa kahdeksassa vaiheessa:

- 1) Erotetaan sisäiset ja ulkoiset asetukset
- 2) Siirretään sisäinen asetus ulkoiseksi asetetuksi
- 3) Standardisoidaan
- 4) Tehdään toiminnolliset kiinnitinjärjestelyt
- 5) Säädetään etukäteen kiinnittimet
- 6) Tehdään samanaikaiset työtehtävät
- 7) Poistetaan hienosäätö
- 8) Mekanisoidaan

(A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 29.)

### 3.4 SA:n ja UA:n erottaminen

Erotetaan toisistaan sisäiset ja ulkoiset asetukset. Tarkistetaan asetusoperaatio aikatutkimuksella ja eritellään sen vaiheet sisäisiin ja ulkoisiin. Seuraavassa on pääsääntö:

- Jos ulkoinen asetus on mahdollinen, toteuta se
- Jos sisäinen asetus on välttämätön, käytä sitä

(A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 31-32.)

#### 3.4.1 Ulkoinen asetusaika

Ulkoinen asetusaika sisältää etukäteen tehtäviä tarkastuksia ja toimenpiteitä, joilla varmistetaan työkalujen, kiinnittimien, raaka – aineiden jne. toiminta sekä oikea järjestys. On tarkistettava etukäteen, että työkalut toimivat. Ulkoisten asetusten parantaminen käsittää työkalujen, osien, jikien jne. varastoinnin ja kuljetusten kehittämisen.

Seuraavaksi on lueteltu kysymykset mihin on pyrittävä löytää vastauksia:

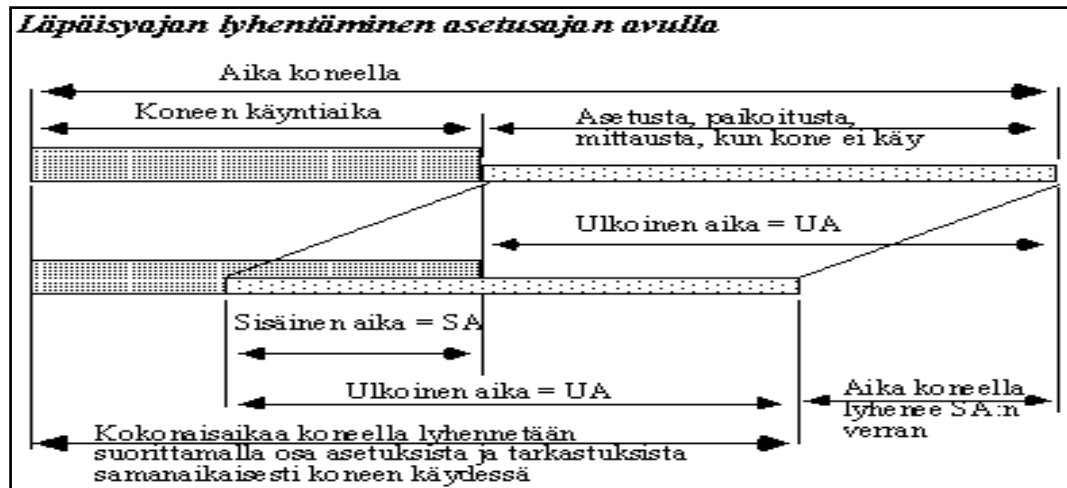
- Mikä on paras tapa organisoida varastointi ja kuljetukset (sijainti, vastuut, kuljetustapa jne.)?
- Miten ne huolletaan seuraavaa käyttökertaa varten?
- Paljonko niitä varastoidaan?

#### 3.4.2 Sisäinen asetusaika

Sisäinen asetus on toteutettava siten, että käytetty työkalu irrotetaan ja uusi työkalu kiinnitetään. Koneenhoitajan toteuttaessa sisäistä asetusta hän ei saa poistua koneen luota.

Muuttamalla työnjärjestelyä siten, että ainoastaan sisäistä asetusta tehdään koneen seisoessa, voidaan koneen seisokkiaikaa usein vähentää 30–50 %, kuten kuvioista 6 huomataan. Jäljelle jääneet sisäiset asetusvaiheet analysoidaan ja pyritään löytämään keinoja niidenkin siirtämiseksi ulkoisiksi.





**Kuvio 6. Läpäisyajan lyhentäminen.**

(Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 28.)

### 3.5 Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi asetukseksi

Tämä on yksi tehokkaimmista tavoista vähentää seisokkiaikaa. Esimerkkejä toimenpiteistä:

- Työkalujen kiinnitysmitat standardoidaan, jotta kiinnitinelimien hienosäädöstä voidaan luopua
- Ruiskuvalumuotit esilämmitetään.

#### 3.5.1 Muotin esilämmitys

Kun muotin esilämmitystä tarvitaan, yksi erittäin tehokas metodi on käyttää höyrygeneraattoria ja kierrättää kuumaa höyryä lämmityskanaviston kautta, joka lämmittää muottia.

Toinen yleinen metodi on käyttää sähkökuumenninta. Muotin esilämmitys sähkökuumenninta käyttäen säästää huomattavan määrän aikaa sisäisestä asetuksesta ja mahdollistaa tuottaa laadukkaita valmisteita alusta alkaen.

Myös asetuksen kokonaisaika pienenee ja koe-erä ruiskutuksien määrä alenee. (A revolution in manufacturing: The SMED system 1985: 37.)

### 3.5.2 Virtaviivaistetaan jäljelle jäävät asetusoperaatiot

Tehdään yksityiskohtainen analyysi molemmista ryhmistä ja suunnitellaan kaikin osin tehokas asetusprosessi. Erityinen paino on jäljelle jääneestä sisäisessä asetuksessa, jonka virtaviivaistaminen on erityisen tärkeää.

(A Study of the Toyota Production System 1989: 45.)

### 3.5.3 Asetuksien erottelu apuvälineitä käyttäen

Sisäisten ja ulkoisten asetuksien erottelussa käytetään erilaisia apuvälineitä ja menetelmiä, kuten tarkistuslistat, laitteiden ja työkalujen toiminnan tarkistus sekä osien ja työkalujen kuljetusten kehittäminen.

Jokaisen valmistusoperaation kohdalla laaditaan tarkistuslista kuvion 7 tapaan, jossa on kuvattu asetukseen liittyvät asiat, kuten:

- työkalut, tarvittavat dokumentit ja työntekijät
- asennuksen ympäristötekijät (lämpötilat, paineet, virrat jne.)
- tarvittavat mittavälineet ja mitat

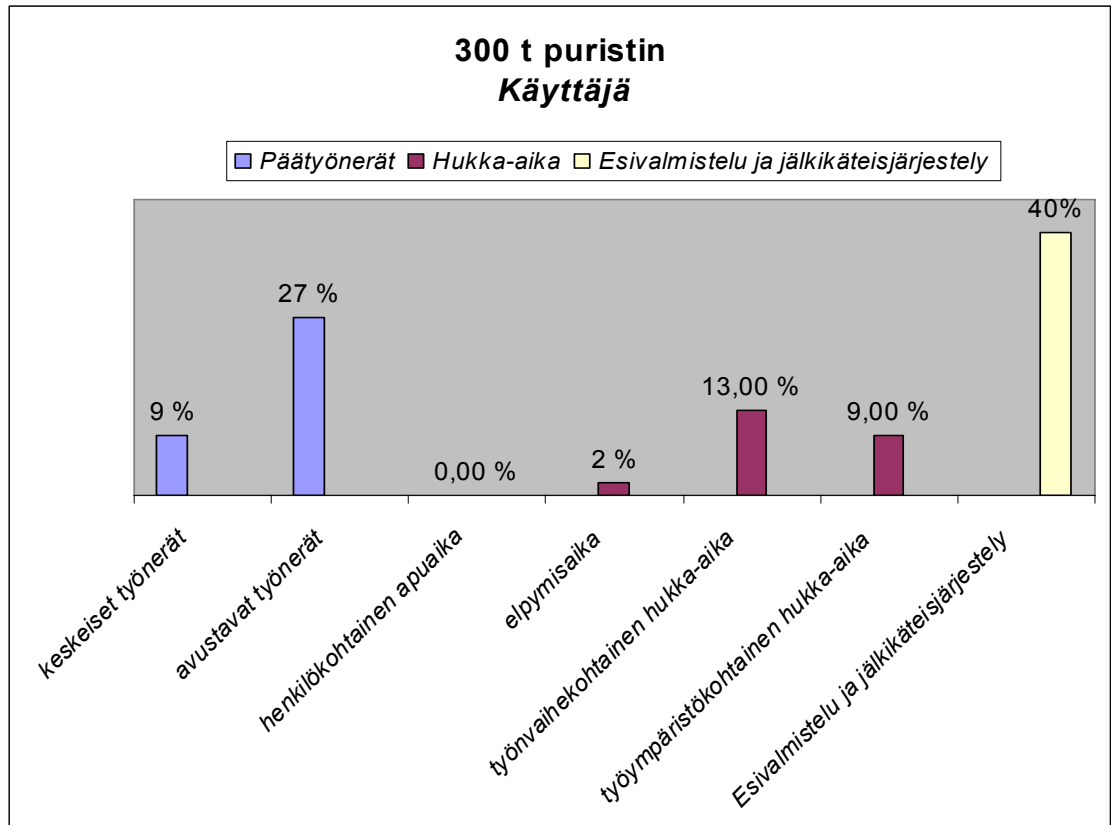
(A Study of the Toyota Production System 1989: 47)

<b>Operation Checklist</b> <small>effective 4/30</small>	
<b>Equipment:</b> Line C Casepacker	
<b>Operation:</b> Changeover to 3.5 lb size	
<b>Date:</b> 5/7	
<b>Employees trained for setup and operation (need 2 people)</b>	
	Colleen R. ✓ Jody M.
✓	Elizabeth B. Kyle B.
<b>Tools needed</b>	
✓	automatic nut driver
✓	hex wrench
	rolling cart - at Line B 4H 10:30
<b>Parts needed</b>	
✓	elevator plate—3.5 lb. size
✓	compression plate—3.5 lb. size
✓	feed augur—3.5 lb. size
✓	vacuum hose, towels, brushes for cleandown
<b>Standard Operating Procedures to follow</b>	
✓	SOP 001 (changeover) ✓ SOP 003 (cleandown)

Kuvio 7. Esimerkki tarkastuslistasta.

(A Study of the Toyota Production System 1989: 47.)

Toinen hyvä menetelmä on tehdä aikatutkimus. Alhaalla olevista kuvioesimerkeistä (Kuvio 8 ja kuvio 9) voidaan nähdä asetuksien jako työeriin ja huomata, kuinka paljon aikaa kuuluu enemmän, kun toinen puristimesta on massaltaan painavampi. Taulukoissa 2 ja 3 esitetään kuvioiden 8 ja 9 työneritteinen ajanjakauma.



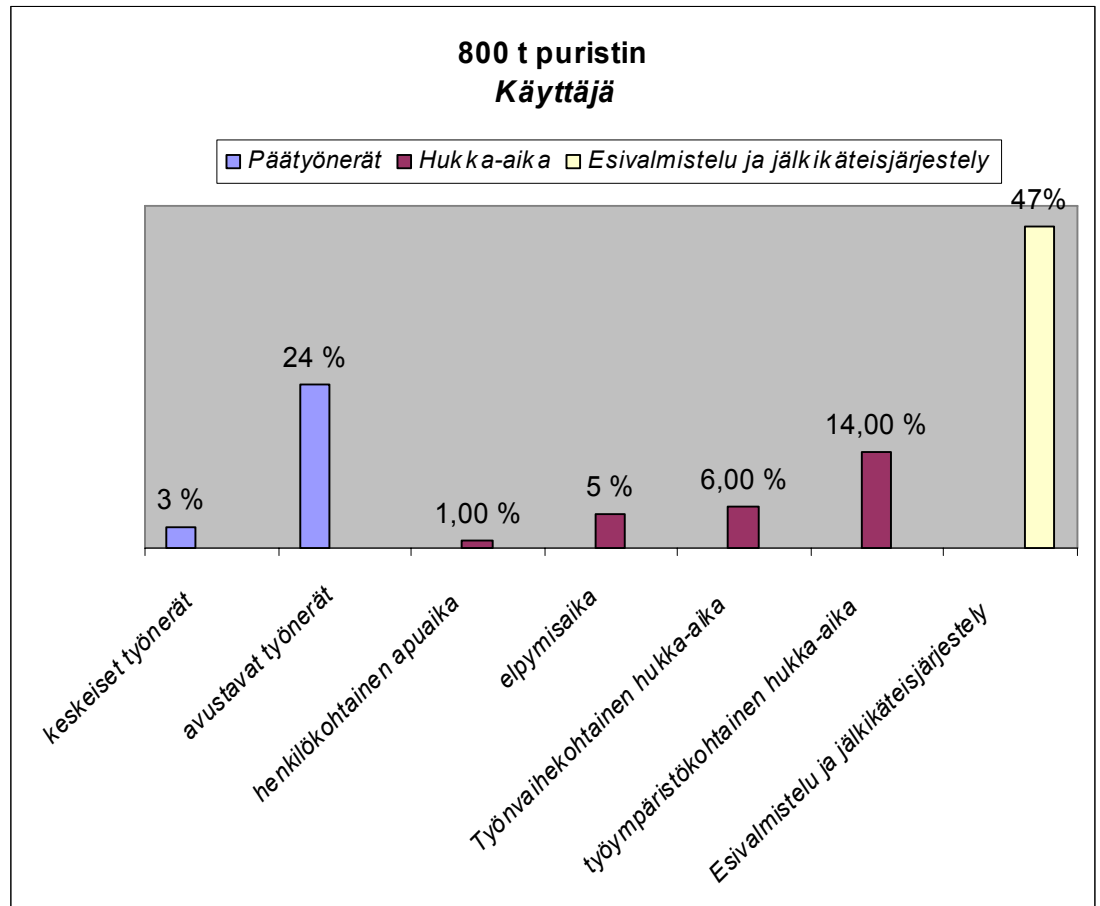
**Kuvio 8. 300 t puristimen asetuksien jako työeriin**

(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 23.)

**Taulukko 2. Työneritteinen ajanjakauma**

(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 23.)

Työneritteinen ajanjakauma					
	Esivalmistelu ja jälkikäteisjärjestely		Työympäristöstä aiheutuva hukka-aika		
	[ s ]	[ % ]	[ s ]	[ % ]	
Työkalun kuljetus	2000	7,9	Materiaalin siirto	105	0,6
Työkalun kiinnitys	2649	11,3	Nosturin odotus	1220	4,8
Hienosäätö	3424	13,6	Muuta	56	0,2
Työkalun irrotus	799	7,2			
Muuta	1699	6,7			



**Kuvio 9. 800 t puristimen asetuksien jako työeriin**

(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 24.)

**Taulukko 3. Työneritteinen ajanjakauma**

(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 25.)

Työneritteinen ajanjakauma					
Esivalmistelu ja jälkikäteisjärjestely			Työympäristöstä aiheutuva hukka-aika		
	[ s ]	[ % ]		[ s ]	[ % ]
Työkalun siirto	869	3,5	Materiaalin siirto	574	2,3
Työkalun kiinnitys	2940	11,7	Nosturin odotus	776	3,1
Hienosäätö	5475	21,7	Jäähdytys	902	3,6
Työkalun irrotus	1789	7,2	Muiden auttaminen	34	0,1
Muuta	610	2,4	Muuta	1162	4,6

### 3.5.4 Tarkastukset

Muotit, kiinnittimet, pultit, jikit jne. tarkastetaan hyvissä ajoin ennen asentamista, jotta mahdolliset toimintahäiriöt voidaan välttää.

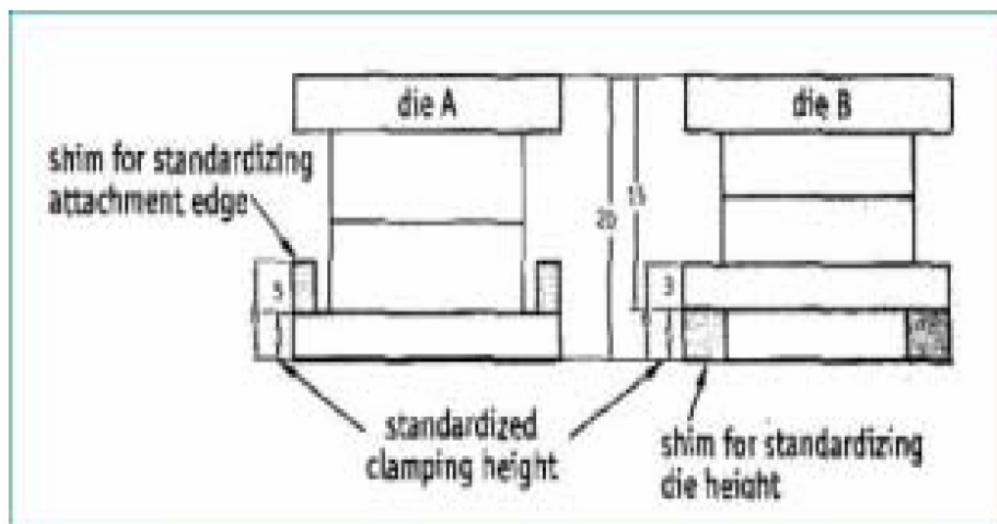
### 3.5.5 Kuljetusten kehittäminen

Tarvittavien osien ja työkalujen valmistelu aloitetaan ennen sisäisen asetuksen alkua, eli muotteja, työkaluja, apuvälineitä, jikeja, mittavälineitä jne. joudutaan kuljettamaan tai hakemaan varastointipaikan, muottihuollon ja koneen välillä. Samoin ympäristötekijät, kuten lämpötilat, paineet ja materiaalien sijainti varmistetaan. Kaikki nämä kuljetukset on pyrittävä tekemään koneen käydessä. Eli uuteen asennukseen tarvittavat kuljetukset tehdään silloin, kun on ilmennyt muotin vaihdon tarve. (A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 25.)

## 3.6 Standardointi

Kun työkalut, kiinnittimet ja muut osat ovat erilaisia jokaisessa asetuksessa, kuluu aikaa niiden vaihtamiseen ja säätämiseen. Jos työkalun muodot ja mitat on standardoitu, helpottaa se olennaisesti työkalunvaihtoa. Standardia käyttäen pyritään vakioimaan asioita asetuksissa ja helpottamaan sekä nopeuttamaan konehoitajan työtä. Tällainen standardointi voi olla hyvin kallista. Tämän takia standardoitavaksi on valittava mitat, jotka ovat työkalun kiinnitykselle olennaisia. Kaikkien työkalujen kiinnityskorkeus on esimerkiksi oltava sama, jotta tarkkojen, samanlaisten kiinnittimien asennus mahdollistuu.

Standardointi voi kohdistua myös esimerkiksi mitoituskeskittämiseen, varmistamiseen ja irrottamiseen. Läpäisy- ja asetusajoja voidaan huomattavasti lyhentää nykyaikaisilla standardoiduilla pikakiinnitystyökaluilla. Standardoimalla pyritään säästämään sisäistä asetusajaa. Kuviossa 10 esitellään standardointiesimerkki. (Quick Changeover for operators: The SMED system 1996: 20.)

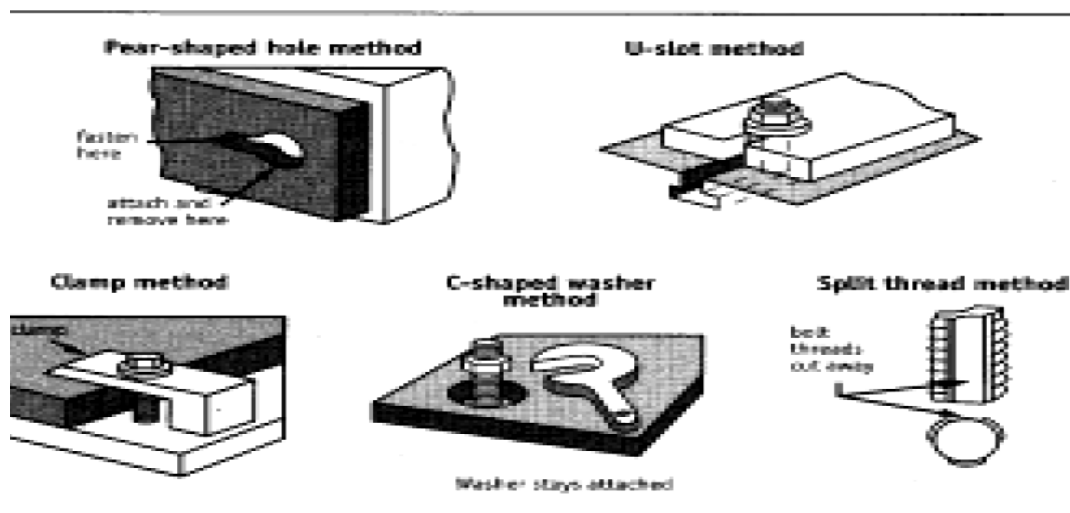


**Kuvio 10. Muotin standardointi esimerkki**

**(Quick Changeover for operators: The SMED system 1996: 20.)**

### 3.7 Toiminnollinen kiinnitinjärjestely

Kiinnitinjärjestelyt on suunniteltava siten, että ne vaativat mahdollisimman vähän aikaa ja rasitusta. Useimmat kiinnitinjärjestelyt ovat pulttityyppiä. Kuitenkin pultin kiinnittäminen on vaivalloista ja aikavievä toimenpide. Pultti on ensimmäiseksi keskitettävä ja pidettävä kohtisuoraan kierrettä vastaan. Tämän jälkeen pultti on saatava tarttumaan kierteeseen, kierrettävä tietty matka ja kiristettävä. Tämän lisäksi ne helposti tippuvat ja vierivät koneiden alle. Sen takia niitä voidaan pitää asetusten vihollisina. Perinteisten pulttiliitosten sijaan on kehitetty seuraavanlaisia menetelmiä, jotka ovat esitetty kuviossa 11. (The Shingo production management system: Improving process functions 1992: 109.)



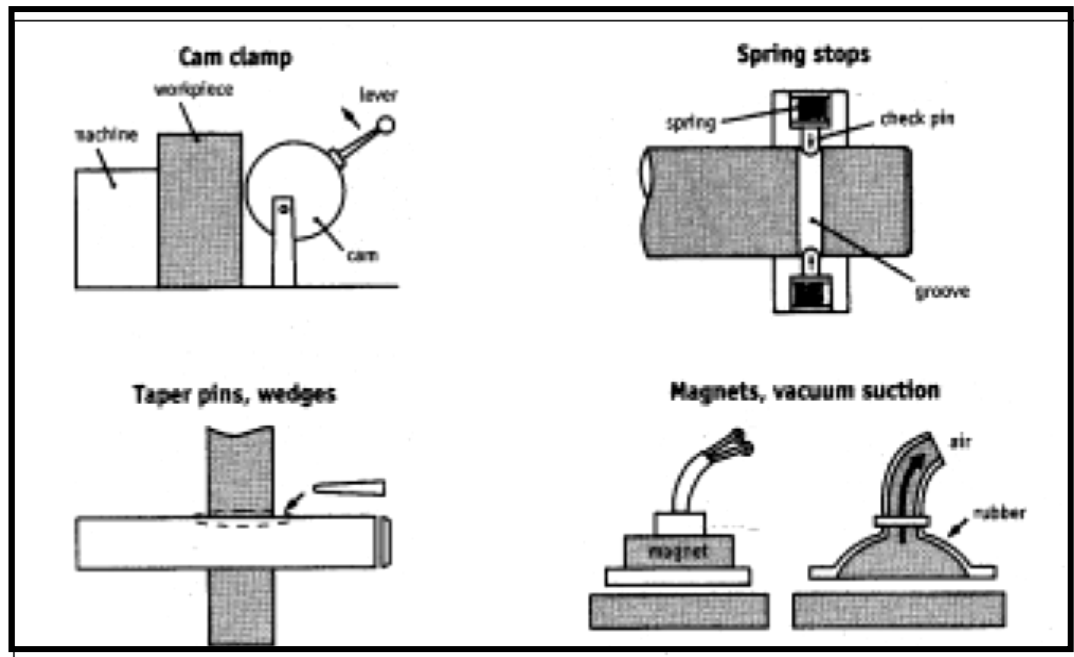
**Kuvio 11. Yhden kierroksen menetelmät työkalujen kiinnityksessä  
(The Shingo production management system: Improving process functions  
1992: 110.)**

- Reikien muotoa muutetaan ”Dharmatyypiksi” ja käytetään U:n muotoista aluslevyä. Pultin kanta menee isommasta osasta läpi, joten pulttia tai mutteria ei ole tarvetta avata kokonaan. Ainoastaan on löysennettävä mutteri, poimittava pois aluslevy ja pultti siirretään kohti Dharma-reijän suurempaa halkaisijaa. Kuviossa vasemmalla ylhäällä.
- Jaettu kierre: pultin ja mutterin kierteet poistetaan kolmesta paikasta. Kääntämällä mutteria niin, että kierteen osat ovat vastaavissa asennoissa, voidaan mutteri saada nopeasti kiinnitysasentoon ja kiinnittää se yksinkertaisella kääntöliikkeellä. Kantokuormasta riippuen tarvittaessa voidaan tehdä mutterista ja pultista hieman paksumpia. Kuviossa oikealla alhaalla.
- U-aukkoa sovelletaan, jolloin pultti liikkuu u-muotoisessa hahlossa. Kuviossa oikealla ylhäällä.
- Kiinnitinmenetelmässä, L-muotoisella kiinnittimellä kiristetään työkalu pöytään. Kuviossa vasemmalla alhaalla.

(The Shingo production management system: Improving process functions 1992: 111-113.)

Kiinnitinmenetelmiä parannettaessa on mahdollisuus rakentaa hienostuneita ja kalliita laitteita esim. – hydraulisia, pneumaattisia tai magneettisia.

Kuitenkin analysoitaessa kiinnityksen toimintoa ja tarkoitusta on usein mahdollista löytää tehokkaita menetelmiä, jotka ovat sekä yksinkertaisia että halpoja. Kuviossa 12 nähdään epäkeskokampi, kiilat ja kartiotapit, jousistopparit, magneetit ja alipainemenetelmät.



**Kuvio 12. Muut toiminnolliset kiinnitinjärjestelyt työkalujen kiinnityksessä (The Shingo production management system: Improving process functions 1992: 115.)**

### 3.8 Etukäteen asetettuja kiinnittimiä

#### 3.8.1 Erilliset pöydät

Valmistamalla ylimääräiset koneen pöydät voidaan seuraava muotti kiinnittää ja hienosäätää ylimääräisillä pöydillä sillä aikaa, kun koneessa valmistetaan tuotetta. Muotin vaihdon aikana uusi työkalu vaihdetaan esiasetettuna.

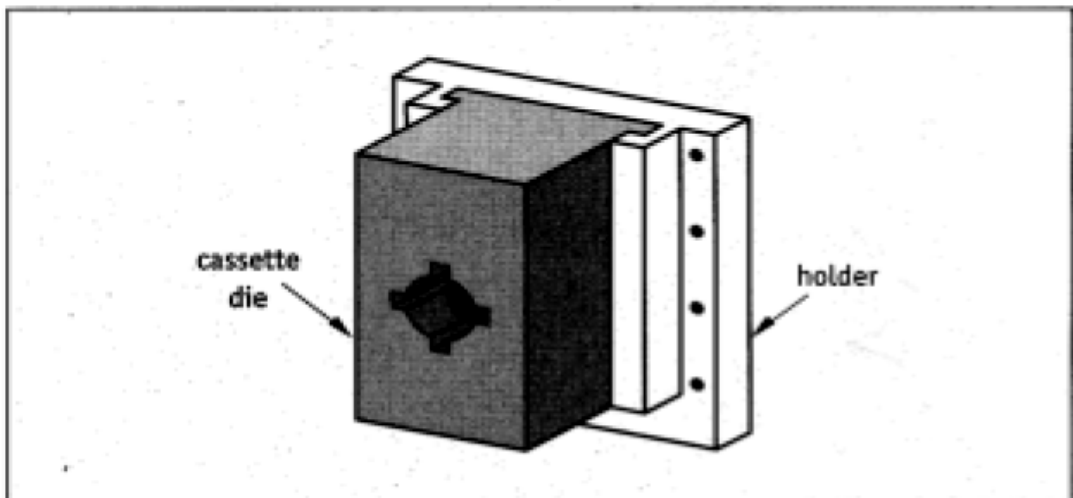


Esiasetetut jikit ovat standardimitoitettuja levyjä tai runkoja, joihin työkalut kiinnitetään koneen ulkopuolella.

Standardisoitujen kiinnittimien (jikien) avulla voidaan usein muuttaa aikavievä kiinnitys – ja hienosäätötyö ulkoiseksi asetukseksi. Siinä tapauksessa myös pelkkä kiinnitys koneeseen, eli sisäinen asetus, vähenee olennaisesti. (Quick changeover for operators : The SMED system 1996: 22-23)

### 3.8.2 Ohjauskiskot

Kone voidaan varustaa yksinkertaisilla L-muotoisilla ohjauskiskoilla, joissa on käytetty 0,1–0,2 mm:n toleranssia. Silloin voidaan yksinkertaisesti työntää muottia ohjauskiskoja pitkin paikalleen ja tämän jälkeen lukita yksinkertaisilla kiiloilla. Tässä tapauksessa muotin pitää olla hyvässä tasapainossa asennuksen helpottamiseksi. Kuviossa 13 esitetään ohjauskiskojen käyttö. (A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 317.)



**Kuvio 13. Ohjauskiskojen käyttö muotin asennuksessa**  
(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 317.)

### 3.8.3 Muotin kohdistusmenetelmä

Muotin kohdistuksessa urospuoleinen keskiöintijiki on kiinnitetty tarkoituskäyttöön eli ruiskuvalukoneen ohjausringkaan alle.

Vastaavasti naaraspuoleinen jiki on kiinnitetty muotin alapuolelle, joka on varustettu viistoprofiililla.

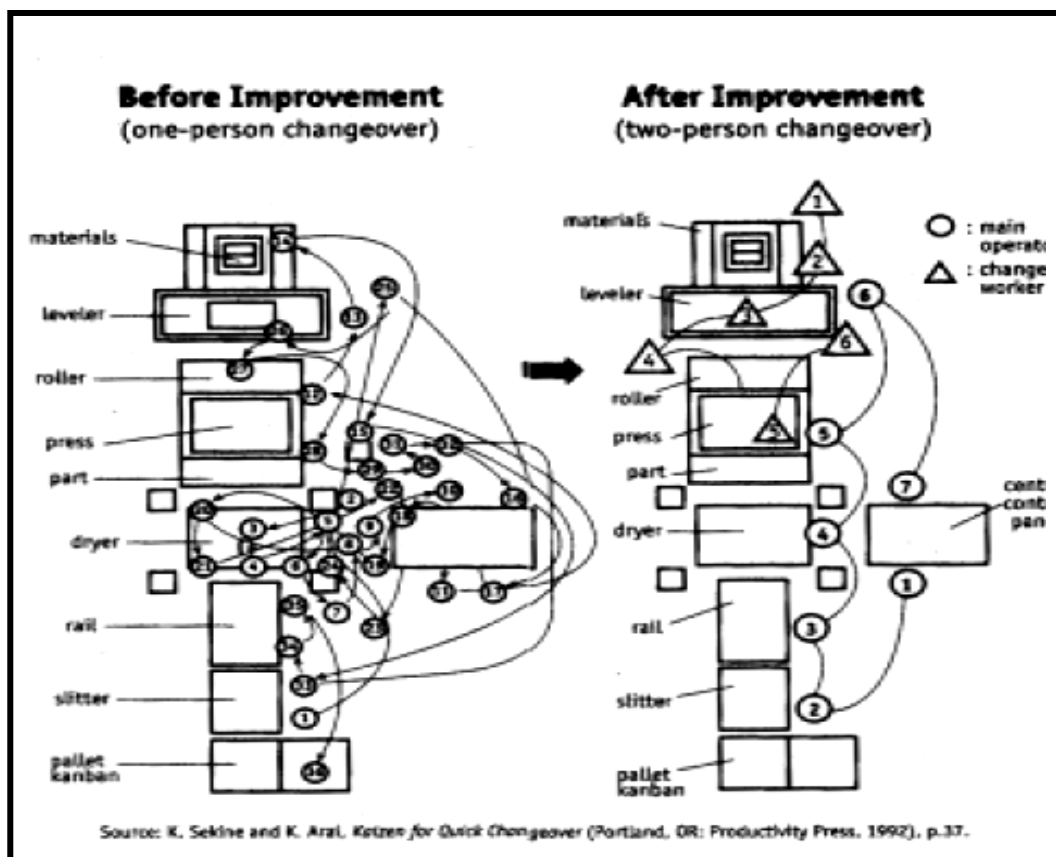
Sopivan esiintyöntymän ja viiston avulla, joka sijaitsee urospuoleisessa jikissä, sovitetaan sitä naaraspuoleiseen keskiöintijikiin. Tällä tavalla ohjausringas, joka on muotissa, liittyy erinomaisesti sovitteeseen, joka on ruiskuvalukoneessa.

Toisessa, hieman erilaisessa menetelmässä, eliminoidaan kokonaan ohjausringkaita. Tällöin keskiöintijikien avulla kohdistetaan muotti suoraan ruiskuvalukoneen suuttimen kärjelle.

Keskiöintijikit kiinnitetään usein kiinteälle muottipuoliskolle, mutta niiden käyttöönotto liikkuvalla muottipuoliskolle on myös hyvin tehokas tapa, koska silloin ne voivat kantaa suuremman osan muotin painosta. (A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 107.)

### 3.9 Samanaikaiset työtehtävät

Suurehkossa muotinvaihtoasennuksessa muotti on kiinnitettävä edestä ja takaa, kuten myös oikealta ja vasemmalta sivulta. Tällaisessa tapauksessa on koneenhoitajan, jos hän on yksin, kuljettava edestakaisin selviytyäkseen työstä. Sijoittamalla kaksi miestä työskentelemään vastakkaisesti, voidaan lyhentää asennusaikaa olennaisesti, koska kävelemisaika vähentyy radikaalisesti yhteen mieheen verrattuna. Jos yhdeltä koneenhoitajalta kuluu 30 minuuttia kiinnityksen tekemiseen, silloin voi kaksi miestä selviytyä samasta työstä 10 minuutissa, ts. alle puolessa ajassa. Kuvio 14 esittää rinnakkaisen toiminnan paremmuutta. (Quick changover for operators: The SMED system 1996: 29.)



**Kuvio 14. Rinnakkaisen toiminnan paremmuus asennuksessa (Quick changover for operators: The SMED system 1996: 37.)**

Pyrittäessä toteuttamaan työ tällä tavalla kuitenkin esiintyy ongelmia, koska on joskus vaikea saada käyttöön ylimääräinen mies juuri silloin, kun häntä tarvitaan. Tämän takia on käytännöllistä pitää tehtaan puolella saatavana asentaja tai päivystäjä, jonka päätehtävänä on avustaa koneenhoitajaa työkalunvaihdossa.

### 3.10 Hienosäädön poisto

Tavallisessa työkalunvaihdossa hienosäätötyöhön usein kuluu 50–70 % sisäisestä asetuksesta. Hienosäädön helpottaminen on tämän takia hyvin tehokas toimenpide sisäistä asetusta vähennettäessä. On pyrittävä ratkaisuihin, joissa säädöt ja koeajot eliminoidaan kokonaan eli, kun työkalu on laitettu paikoilleen, se on varmasti kohdallaan ja toimintakunnossa.

Koeajojen ja säätöjen määrä riippuu siitä, kuinka hyvin edellisessä vaiheessa tehtiin esimerkiksi keskittämiset, mitoitus ja ympäristöarvojen säädöt.

### 3.10.1 Paikoittaminen ja hienosäätö

Paikoittaminen ja hienosäätö ovat täysin erilaiset toiminnot, mikä selviää seuraavassa esimerkistä:

- Paikoittaa – siirtää rajakatkaisijaa 150:stä 200 millimetriin
- Hienosäätää – siirtää muutama millimetrin osia edestakaisin, kunnes toivottu tulos saavutetaan

Hienosäätöä pidetään olennaisena osana työkalunvaihtotyötä. Tämän vuoksi sisäisestä asetuksesta tulee olennaisesti pidempi kuin on välttämätöntä. Tämän seikan takia koneenhoitajilta edellytetään runsaasti kokemusta ja taitoa. Käytettäessä ohjaintappeja ja tulkkeja työkalun lopullisen sijainnin säätöön edellytetään ainoastaan työkalupaikoitusta, eikä hienosäätöä tarvita lainkaan. (Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 31.)

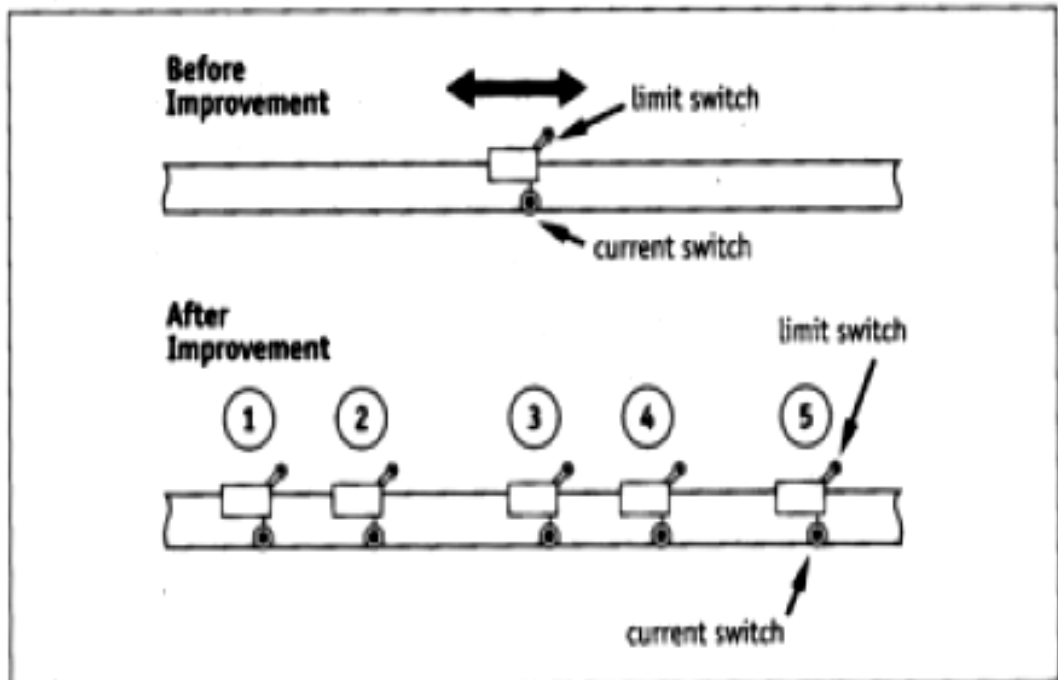
On olemassa sellaisia työkaluvaihtotöitä, joissa ei edellytetä suurta tarkkuutta ja joissa osuus hienosäätötyöstä on lähes olematon. Mutta jos näin ei ole, silloin on yritettävä löytää menetelmiä paikoittamiseksi sellaisella tarkkuudella, että hienosäätö vältetään. Eräissä tapauksissa on kyse eri paikoitusasemien välisestä valinnasta. Tällöin voidaan työtä helpottaa esimerkiksi käyttämällä digitaalinäyttöillä varustettuja mittalaitteita.

### 3.10.2 Tulkin käyttö

Paikoitusvastetta siirretään usein ruuvin avulla. Jos vastetta siirretään asemasta 50 mm asemaan 60 mm, vasteen liikkeeksi muodostuu: 50,1–50,2–50,3 jne. 60 mm:iin asti. Tämän menetelmän helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi vastetta siirtävän ruuvin kierteet sorvataan yksinkertaisesti pois. Sen sijaan vasteen paikka määrätään tarkasti U-muotoisen tulkin avulla, tämän jälkeen vaste kiinnitetään lukitusruuvin avulla yksinkertaisella käsiotteella. (Quick changover for operators: The SMED system 1996: 31.)

### 3.10.3 Valintamenetelmä

Tehokkain menetelmä on jättää hienosäätö tekemättä. Yksi tapa tähän pääsemiseksi on soveltaa valintamenetelmää (Last Common Multiple –LCM). Tämä järjestelmä pohjautuu oletukseen, että käytännössä paikoitustarve ei ole jatkuvaa, vaan se on rajoittunut tiettyyn lukumäärään toisiaan erottavia vaihtoehtoja. LCM – menetelmässä nämä vaihtoehdot kootaan mekanismiksi, jotka voivat käsitellä useita eri toimintoja useilla mitoilla. Kuviossa 15 esitetään LCM – menetelmän paremmuutta. (Quick changover for operators: The SMED system 1996: 32.)



**Kuvio 15. LCM–menetelmä**

(Quick changover for operators: The SMED system 1985: 33.)

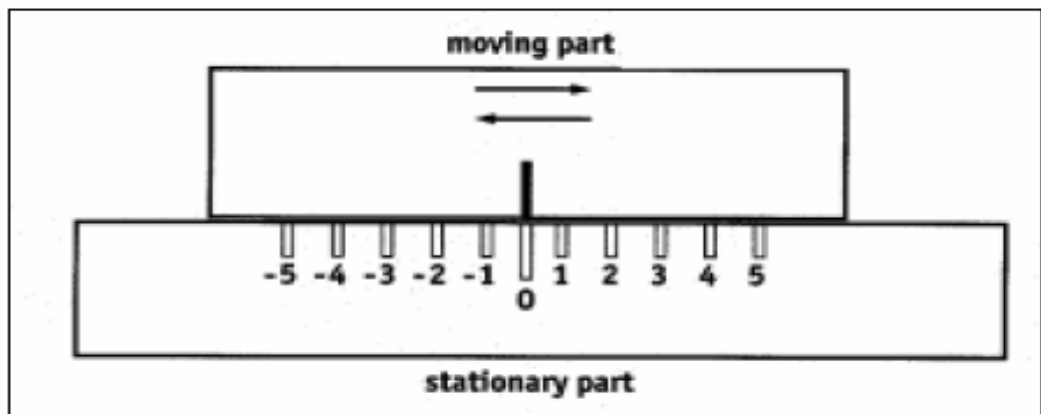
Kuviossa esitettyssä tilanteessa on tarve viiteen eri asemaan, 1:stä 5:ten. Sen sijaan että siirretään ja sijoitetaan katkaisija viiteen eri paikkaan, asennetaan jo etukäteen tarkasti säädetyt viisi eri katkaisijaa. Tämän jälkeen on hyvin yksinkertaista aktivoida katkaisijalla se rajakatkaisija, jota työssä tarvitaan. Järjestelmän periaatteet ovat:

- Jätä mekanismit paikoilleen ja muuta toimintoa
- Tee asetuksia, älä säätöjä

### 3.10.4 Numeroitujen skaalojen käyttö

Paikallaan olevaan pöytään on merkitty mittaskaala, joihin työkalussa oleva merkki kohdistetaan. Silmämääräisessä asetuksessa tarkkuus on n.0,5 mm. Mittakellolla päästään n. 0,01 mm:n tarkkuuteen, digitaalisella laitteistolla päästään vieläkin tarkempaan lukuun. Kuvio 16 esittää alkeellista periaatetta numeroitujen skaalojen käyttöä.

Ilman näkyviä referenssipintoja ja -tasoja työkalu kiinnitetään suunnilleen kohdalleen ja säädetään tarkalleen kokeilemalla. Kuvitteellisten keskilinjojen ja tasojen muuttaminen näkyviksi helpottaa ja nopeuttaa koneenhoitajan työskentelyä. (A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 43.)



**Kuvio 16. Alkeellinen periaate numeroitujen skaalojen käytössä  
(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 44.)**

### 3.11 Mekanisointi

Hydraulisen ja pneumaattisen työkalun kiinnitys on helppoa, erityisesti silloin, kun joudutaan käyttämään useita kiinnityspisteitä. Samalla tavalla mekanisoitu, tarkkuusohjattu työkalun korkeuden säätö ruiskuvalukoneessa käy helposti. Monissa yrityksissä on alettu standardisoida ja valmistaa kiinnitysalustoja. Kiinnitin asennetaan tälle tarkasti valmistetulle alustalle, ja kiinnitys suoritetaan napin painalluksella.

Tällä tavalla toimimalla voidaan siirtyä asteittain SMED:istä OTED:iin – ”One Touch Exchange of Die”, ts. ”napin painalluksella tapahtuvaan työkaluvaihtoon”. OTED, LCM – ovat esimerkkejä käytettävissä olevista periaatteista ja menetelmistä. Yhteistä näille kaikille on pyrkimys työkaluvaihtoon ilman hienosäätöä. Mutta koska työkalua tarvitaan tehostamaan tuotantoa ja vain siinä tarvitaan tarkkuutta, voidaan asettaa kyseenalaiseksi, onko tarkasti valmistettu kiinnitysalusta oikeastaan tarpeellinen. Toteuttamalla kohdat 1-7 onnistutaan joissain tapauksissa vähentämään asetusaika tunnista kolmeen minuuttiin, voidaan näiden tarkasti valmistettujen kiinnitysalustojen avulla mahdollisesti alentaa asetusaikaa vielä muutamiksi minuutiksi.

Muut mekanisointimenetelmät:

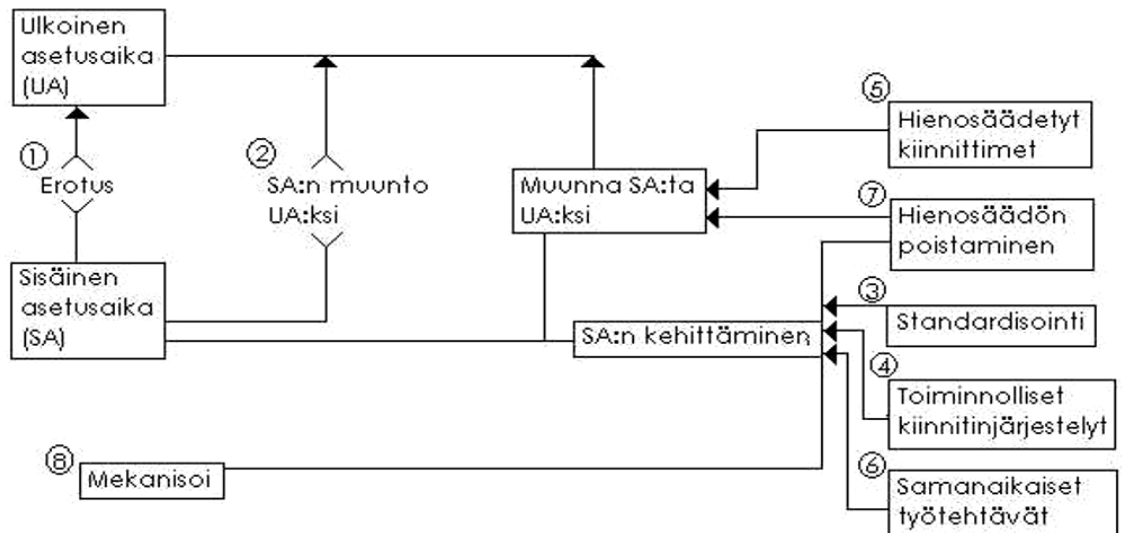
- nostohaarukan käyttö kohdistukseen ja asentamiseen koneissa
- raskaiden muottien kuljetuksissa hihnojen käyttö
- muottien kiristys ja irrottaminen kauko-ohjauksen avulla

(A revolution in manufacturing: The SMED System 1985: 48.)

Mekanisointia suositellaan vasta, kun kaikki aiemmin käsitellyt keinot on käytetty. Näillä keinoin päästään jo hyvin lyhyisiin asetusaikoihin, joiden lyhentäminen mekanisoinnilla ei juuri tehosta jalostusta. Mekanisointi sopii suurten puristustyökalujen, painevalumuottien ja muovipuristustyökalujen asetuksiin. SMED ei siis merkitse samaa kuin mekanisointi, vaan se on pikemminkin älykästä ajattelua. Ajattelemattomasti toteutettu mekanisointi voi maksaa enemmän, kuin siitä koituu hyötyä. On ensiksi selvitettävä, mikä on olennaista, analysoitava ulkoista asetusta ja sisäistä asetusta ja tämän jälkeen priorisoitava ajateltavissa olevat toimenpiteet.

### 3.12 Yhteenveto

SMED – järjestelmä (Kuvio 17) voidaan graafisesti esittää seuraavalla tavalla yhteenvetona:



**Kuvio 17. Yhteenveto SMED – Järjestelmästä  
(Japanilainen tuotantoajattelu 1984: 40.)**

#### 3.12.1 Vaihe1. Lähtötilanne

Lähtötilanteessa ulkoinen asetus ja sisäinen asetus suoritetaan yhdessä. Kone pysäytetään sisäisen asetuksen tekemiseksi. Kuitenkin seisokkiaikana korjataan myös työkaluja. Työkaluja, osia jne. etsitään (= ulkoinen asetus), minkä seurauksena seisokki-ajasta muodostuu pitkä.



### **3.12.2 Vaihe 2. SA:n ja UA:n erottaminen**

Sisäinen asetus ja ulkoinen asetus erotetaan, ja kumpaakin niistä tehdään siinä määrin, kuin on mahdollista tekemättä olennaisia muutoksia vallitseviin edellytyksiin. Tätä tarkoitusta varten valmistetaan tarkistuslista materiaalien, kiinnittimien, letkujen, työkalujen jne. esivalmistelusta.

Ulkoinen asetus tehdään koneen käydessä. Seisokkiaikaa voidaan tällä tavalla vähentää normaalisti 30–50%.

### **3.12.3 Vaihe 3. SA:n muuntaminen UA:ksi**

Sisäisen asetuksen perusteellisen tarkistuksen analyysin pohjalta muutetaan mahdollisimman paljon sisäistä asetusta ulkoiseksi asetukseksi. Tämä on SMED-menetelmän perusta. Esimerkiksi ruiskuvalumuotin esilämmitys samanaikaisesti edellisen työn kanssa (sen sijaan, että se lämmitettäisiin koneessa).

### **3.12.4 Vaihe 4. Hienosäädön poisto kiinnityksessä**

Tässä vaiheessa kohdistetaan huomio hienosäätötoimenpiteisiin ja irrotukseen sekä kiinnitykseen. Paras tapa hienosäätää on jättää tämä tekemättä.

## **4 NYKYISEN MENETELMÄN KARTOITUS**

Tämän työosan tarkoituksena oli selvittää työmenetelmä muotin ylösajossa Foxconn Oy:n tehtaalla. Tätä varten olen haastattelut koneen- ja prosessihoitajia tämänhetkisen menetelmän selvittämiseksi ja käynyt läpi Foxconn Oy:n ruiskuvalukoneeseen liittyvää aineistoa muotinasennuksessa. Tämän lisäksi olen tehnyt aikatutkimuksen nykyisestä menetelmästä muotin asennuksesta ja tarkkailut koneenhoitajien toimintatapoja muottiasennuksen aikana, ymmärtääkseni kaikki nyanssit toimenpiteistä. Nykyiseen muotinasennusmenetelmään perustuva aikatutkimus on esitetty liitteessä 1. Lähtötilanteessa asennettava muotti oli muottihuollossa ja ruiskuvalukone, johon muotti asennetaan, oli toimintavalmiudessa. Ruiskuvalukoneena on toiminut Fanuc-merkkinen kone, ja tuotteena oli pystyfoilillinen linssi, joka valmistetaan kaksipesäisellä muotilla. Raaka-aineena oli kirkas PMMA, joka soveltuu erinomaisesti linssien valmistukseen.

### **4.1 Työturvallisuus muotin asennuksessa**

Valmistellaan työskentelyalue työturvalliseksi poistamalla/siirtämällä ylimääräinen tavara, kuten roskis, apupöydät, kärret ym. Jotta kyettäisiin liikkumaan esteettömästi, lattialta kerätään turhat osat kuten, tippuneet linssit, mutterit, ruuvit, jöötit, foilinpalat. Lattia lakaistaan tarpeen vaatiessa, jos huomataan, että se on liukas tai että granulaatin jyvät ovat levinneet. Noudatetaan pukeutumisesta annettuja sääntöjä, eli käytetään oikeaa vaatetusta ja turvakenkiä. Siirrettäessä muottia varmistetaan, ettei ole itse muotin alla.

### **4.2 Laitteiden työturvallisuus**

Ruiskuvalukoneen ja muiden laitteiden, kuten apu- ja lisälaitteiden, työturvallisuusohjeet eivät sisälly tähän osan. Kuitenkin nämä turvallisuusohjeet on luettava työnantajan säännösten mukaisesti.

### **4.3 Asennuksessa tarvittavat työkalut**

Muotin ylösajossa tarvitaan seuraavat työkalut:

- 24 mm lenkkiavain
- räikkäävain
- 24 mm hylsy
- kuusiokoloavainsetti
- vesivaaka
- käsineet
- valokuidun katkaisin
- risti- ja tasapääruuvimeisseli
- nostoliina ja koukut.

### **4.4 Muotin nosto ruiskuvalukoneeseen**

Tämä vaihe edellyttää, että muotti on haettu muottihuollosta ja on viety ruiskuvalukoneen viereen.

#### **4.4.1 Ruiskuvalukoneen puhdistus**

Ennen muotin asennusta puhdistetaan ruiskuvalukoneen ohjausreikä sekä liikkuvasta ja paikallaan olevasta muottipöydästä mahdolliset epäpuhtaudet. Jos on tarpeellista, kiillotetaan asennuspinta hiomakivellä ja annostellaan ruostesuoja tämän pinnalle. Tämä työvaihe voi kuulua sisäisiin tai ulkoisiin asetuksiin, mikä riippuu siitä, onko tuotanto käynnissä kun uusi muotti on tuotu koneen viereen, vai onko ruiskuvalukoneessa jo ajettu muotti alas ja viety huoltoon ja kone on seissyt toimettomana.

#### **4.4.2 Muotin puhdistus**

Puhdistetaan muotin päällinen pölystä sekä kiinnityskohta mahdollisesta liasta. Tämä työvaihe kuuluu ulkoisiin asetuksiin ja on tehtävä ennen kuin pysäytetään tuotanto.

### 4.4.3 Muotin nosto ja kiinnitys

Ennen muotin nostoa tarkistetaan, että muotissa on siderauta paikallaan ja nostoliina ehjä. Lasketaan nostoliina nostokoukkujen lävitse ja kiinnitetään liina nosturin koukkuun. Muotti nostetaan ruiskuvalukoneeseen aisojen välistä yläkautta. Kohotuksen aikana on varmistettava, ettei ketään ole muotin alla tämän ohjauksen aikana. Koska kalvonsyöttölaite ulottuu liikkuvan muottipöydän yläpuolelle, kalvonsyöttölaite joutuu kosketuksiin nosturin nostoliinan kanssa, kun muotti lasketaan aisojen väliin. Siksi pitää varmistaa, että ennen muotin nostoa, nostoliina ei ole kosketuksessa kalvonsyöttölaitteen kanssa. Laskettaessa muottia pitää olla erityisen varovainen, ettei se vahingottasi sulkutankoja. Seuraavaksi, käyttäen muotin paikoitusrengasta hyväksi, viedään muotti lähikosketukseen paikallaan olevaan muottipöytään ohjausrenkaan kanssa ja aloitetaan muotin sovittaminen siihen. Sovittaminen tapahtuu nosturin avustuksella säätelemällä ja muottia toisella kädellä painamalla ohjataan muotti paikalleen. Kun muotin paikoitusrengas on ohjattu ohjausrenkaan kanssa, laitetaan kiinnityspultti paikalleen käsimomentilla, jotta muotti pysyisi paikallaan. Seuraavaksi kiinnitetään muut etupöydän pultit hivenen löysälle, jotta muottia voidaan säätää vaakatasossa.

### 4.4.4 Säätö vaakatasoon

Ennen muotin säätöä vaakatasoon löysätään nostoliinan kireyttä ja asetetaan vesivaaka mahdollisimman lähelle muotin jakotaso. Asetetaan muotin alareunaan 24 mm avain, jolla voidaan ala-aisaa vasten liikuttamalla saada muotti vaakatasoon. Tämä toimenpide suoritetaan varovasti ala-aisaa vahingoittamatta. Toinen mahdollisuus saada muotti vaakatasoon on ”roikottaa” sitä nosturin varassa ja kiinnittää etupöydän pultit löyhästi, kun passataan vaakasuoruutta toisella kädellä nosturin hihnasta kääntämällä, ja toinen käsi kiristää yhden pulteista vaakalaitteen kuplan ollessa keskellä. Tämä tapa säästää koneen johteiden pintaa.

#### **4.4.5 Pulttien kiristys**

Muotin sijaitessa vaakatasossa aloitetaan varovasti kiinnityspulttien kiristäminen, samalla tarkkaillaan pysykö muotti samassa vaakatasossa. Jos vaakataso muuttuu, täytyy muottia säätää uudelleen. Muotin asettaminen vaakatasoon on tärkeä seikka foilin kannalta, koska jos muotti ei pysy vaaterissa kunnolla, siirtopainatuskalvon kuviojono ei osu samaan linjaan muottipesän kanssa ja tuloksena on silloin vino siirtopainokuva. Kiinnityspultin pitää kiertyä vähintään pultin halkaisijan verran muottipöydän sisään. Pultteja ei tarvitse kiristää liikaa, pelkkä 24 mm lenkkiavain riittää kiristykseen.

#### **4.4.6 Takapöydän ajo ja muotin kiinnitys takapöytäan**

Koska tässä linssimuotissa ulostyöntö on etupolella, ei ole tarvetta tarkastaa, ettei ulostyönnön tanko ole takamuottipöydän tasoa ulompana ja osu muotissa olevan työntöosaan takamuottipöydän kiinniajossa.

Takamuottipöytä ajetaan hitaasti etanalla muottiin, seurataan, ettei jää mitään letkuja ja muita osia takamuottipöydän ja muotin väliin. Takamuottipöydän tavoittaessa muotin, kiinniajo on loppuun saatettu. Tämän jälkeen asennetaan pultit paikalleen ja kiristetään molemmin puoliin.

#### **4.4.7 Muotin aukiajo**

Tässä vaiheessa voidaan irrottaa muotista nostoliina, nostokoukut ja siderauta. Seuraavaksi valitaan ja asetetaan ruiskuvalukoneen muottirekisteristä muotin numeron perustella ohjelma. Muotti ajetaan hitaasti auki ja tarkkaillaan samalla muotin aukeamaa etana-ajoa hyödyntämällä.

Kyseinen linssimuotti ei ole varustettu vetotangoilla. Kuitenkin, jos kyseessä olisi sellainen muotti, silloin pitää varmistaa, ettei muotin aukiajossa vetolevy saavuta ääriasentoa, eli painu kiinni muotin seinämään. Tämä ongelma selvitetään pienentämällä aukaisumatka sopivaksi.

## **4.5 Temperointilaitteet**

### **4.5.1 Yleistä**

Käytössä olevat temperointilaitteet on suunniteltu pääasiallisesti muoviteollisuuden käyttöön muottien lämpötilan säätöön, mutta ne soveltuvat mainiosti myös muuhun lämpötilaan säätöön. Temperointilaitte toimii siten, että säädetyn lämpöinen vesi kiertää muotin osien kanavissa. Jäähdytiskanavien / laitteeseen liitettyjen järjestelmien tulee kestää temperointilaitteen maksimilämpötila ja paine. Veden lämpötila voidaan säätää portaittain 10–95 °C välillä. Minimilämpötila on hieman jäähdytysveden lämpötilan yläpuolella ja se on riippuvainen kuormituksesta. Öljyä tai syttyviä nesteitä ei saa käyttää laitteen kierrossa. ( Määttänen Keijo, Fanuc  $\alpha$ -sarja, käyttöohjekirja )

### **4.5.2 Temperoinnin tarkoitus**

Muotin temperoinnin tarkoituksena on varmistaa haluttu muottipesän pintalämpötila, pintalämpötilan vaihtelualue ja riittävä lämmönsiirto. Muottipesän pintalämpötilan kannalta ongelmaa tarkasteltaessa, muottipesän täyttö ruiskuttamalla ja jälkipainevaihe ovat säännöllisesti toistuvia häiriöitä, jotka vähän tasoittuvat jäähdytysajan loppua kohti. Muottipesän pintalämpötila ja lämmönsiirtokyky vaikuttavat tuotteen laatuun ja jaksoaikaan.

### **4.5.3 Temperointiletken tarkistus ja kiinnitys muottiin**

Ennen temperointiletken asentamista tarkistetaan liittimien ja letkujen kunto silmämääräisesti. Jos huomataan joidenkin letkujen olevaan epäkunnossa, uusitaan ne välittömästi. Muotissa on vesikiertoliittimien kohdalla numeroidut sisään- ja ulosmenomerkinnät, eli IN- ja OUT- kirjaukset. Kirjauksia seuraamalla letkut liitetään oikeassa järjestyksessä paikalleen. Muottipuoliskojen vesikierto saadaan tarkistettua irrottamalla runkoliittimet ja puhaltamalla toiseen liittimeen paineilmaa. Kun toisesta paluuvesiletkestä tulee paineilmaa, letkut ovat oikein liitetty.

Jos ilma ei pääse läpi, silloin on tarkistettava liitäntöjen oikeellisuus uudestaan. Muista tarkastaa, että vesiletkujen liittimet ovat lukittuneet muotin liittimiin. Lukitus on kunnossa, jos liitin ei lähde irti vetämällä, ennen kuin liittimen lukitussalpa vapautetaan.

#### **4.5.4 Temperointilaitteiden käynnistys**

Rungossa olevat temperointihanat avataan. Temperointilaitteiden käynnistykseen jälkeen varmistetaan solun puolelta, etteivät letkut ja liittimet vuoda. Vuodon ilmestyessä temperointilaitteet pysäytetään ja ongelma korjataan. Letkuja valittaessa/kiinnitettäessä huomioidaan, että ne eivät ole robotin liikeratojen esteenä. Vesikierron toimivuus voidaan tarkastaa myös tunnistelemalla käsiin letkuissa tapahtuvaa virtausta ja letkujen lämpenemistä kuuman veden virratessa niissä.

Muotin korkeutta ei säädetä ennen kuin muotin lämpötila on tasaantunut, koska muotin korkeus muuttuu, kun muotin lämpötila tasaantuu myöhemmin.

Tuloksena on väärä kiinnitysvoima. Varsinkin jos muotin korkeuden säätö on tehty muotin lämpötilan ollessa matala, sulkuvoimasta tulee liian suuri muotin lämpötilan tasaannuttua.

#### **4.6 Kuumakanavajärjestelmän käynnistys**

Kuumakanavajohtimet kiinnitetään pistokkeisiin, jotka sijaitsevat muotin päällä. Pistokkeet ovat muotoiltu siten, että kuumakanavajohtimet voidaan kiinnittää vain oikein päin. Kun kiinnitys on tapahtunut, voidaan kytkeä virtaa kuumakanavalaitteeseen.

## 4.7 Paineilmaletkujen kiinnitys

### 4.7.1 Neulasuuttimet

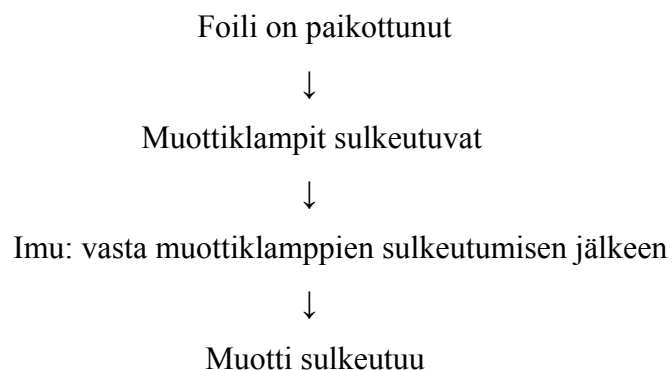
Linssimuotissa on paineilmalla toimivat neulasuuttimet. Niitä ohjaavat paineilmaletkut kiinnitetään muotin alapinnassa oleviin liittimiin. Näiden paineilмалиittimien viereen on tehty liittämiseen helpottamiseksi stanssauksia. Paineilmaletkuja on kaksi, ensimmäinen aukaiseva eli OPEN- letku ja toinen on sulkeva CLOSE-letku. Kun letkut ovat kiinnitetty, hanat pidetään vielä kiinni.

### 4.7.2 Foiliklamppien ja ulostyönnön säätö

Linssin takamuotissa on paineilmalla toimivat muottiklampit ja etumuotissa oleva ulostyöntö. Muottiklampit ja ulostyöntö saadaan toimimaan, kun niitä ohjaavat paineilmaletkut liitetään muottipuoliskojen alla oleviin liittimiin.

Muottiklampeille ja ulostyönnölle tulee molemmille OPEN- ja CLOSE- paineilmaletkut. Kun paineilmaletkut on kiinnitetty, voidaan tarkastaa muottiklamppien ja ulostyönnön toimivuus. Muottiklamppien tarkoitus on puristaa siirtopainatuskalvoa muottiin kiinni, ja tämä on syytä testata myös huollon yhteydessä. Ulostyönnön tarkoitus on saada tuote ulos muottipesästä, että manipulaattori voi hakea sen muottipuoliskojen välistä. Huollossa on syytä säätää muottiklampit siten, että ne asettuvat kohtisuorasti akseleihinsa nähden. Akselin tulee liikkua takeltelemta ja sulkeutua yhtäaikaan. Siirtopainatuskalvon paikoituksen aikana kalvon tulee päästä kulkemaan vapaasti muottiklamppien ja muotin välissä.

Toimintajärjestys on seuraava:



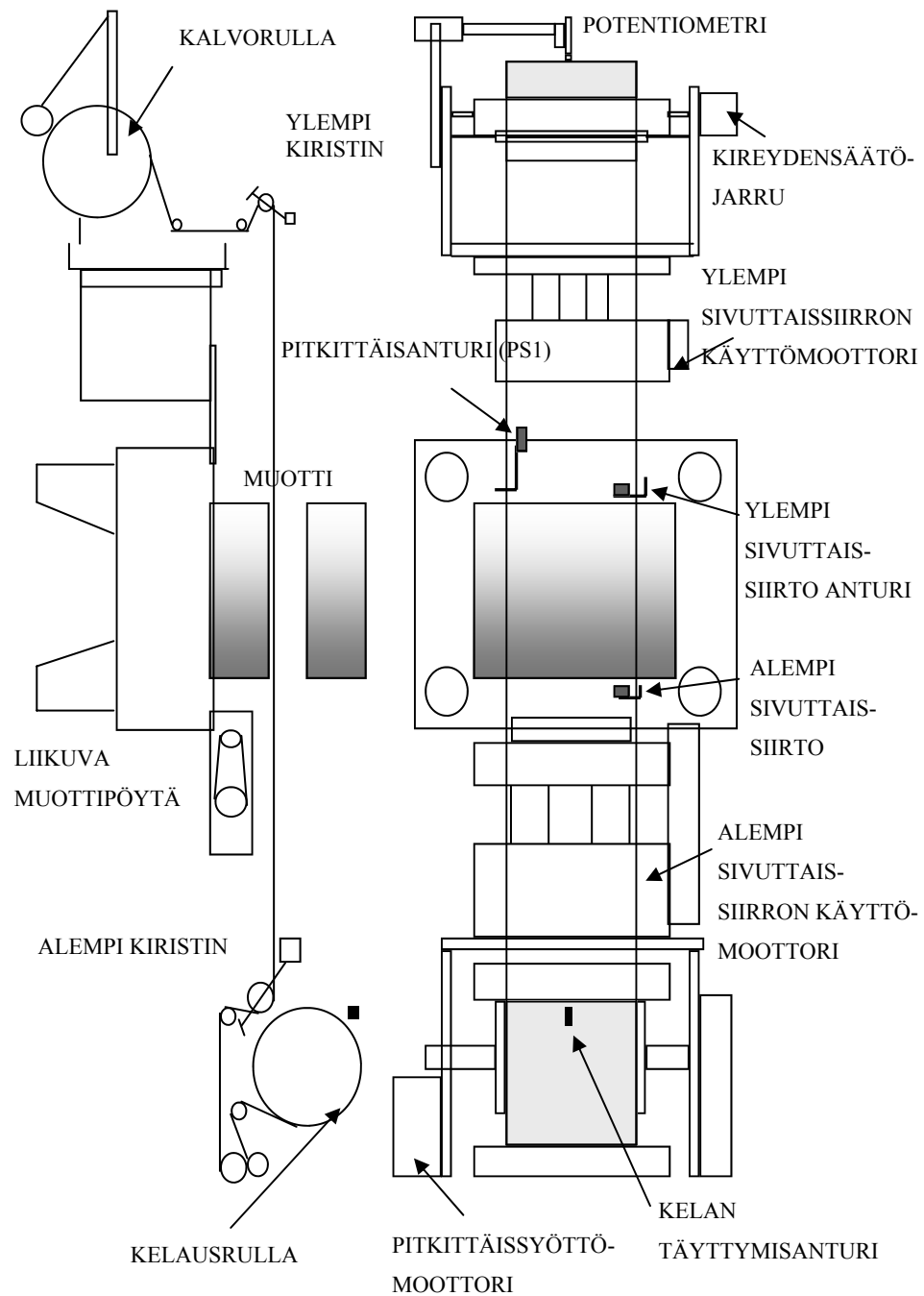


## **4.8 Kalvonsyöttölaite**

### **4.8.1 Toiminta**

Kalvonsyöttölaitteen rakenne on esitetty kuviossa 18. Kalvonsyöttölaite koostuu ylemmästä ja alemmasta erillisestä laitteesta, jotka on asennettu ruiskuvalukoneen liikkuvaan muottipöytään. Ylempi sivuttaissiirtolaite on lujasti kiinnitetty ruiskuvalukoneen liikkuvaan muottipöytään, ja syöttölaite liikkuu oikealle ja vasemmalle sivusuunnassa ylemmän sivuttaissiirron käyttömootorin avulla. Myös alempi sivuttaissiirtolaite on rakennettu niin, että se sallii kelauslaitteen liikkumiseen sivusuunnassa oikealle ja vasemmalle alemman sivuttaissiirron käyttömootorin avulla.

Pitkittäissyötössä siirtopainatuskalvoa siirretään pituussuunnassa pitkittäissyöttömootorin avulla, samalla siirtopainatuskalvoa pidetään tasaisessa jännityksessä. Sivuttaissiirroissa sekä sivuttaissiirtolaite että kelauslaite liikkuvat samanaikaisesti samaan suuntaan.( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja )



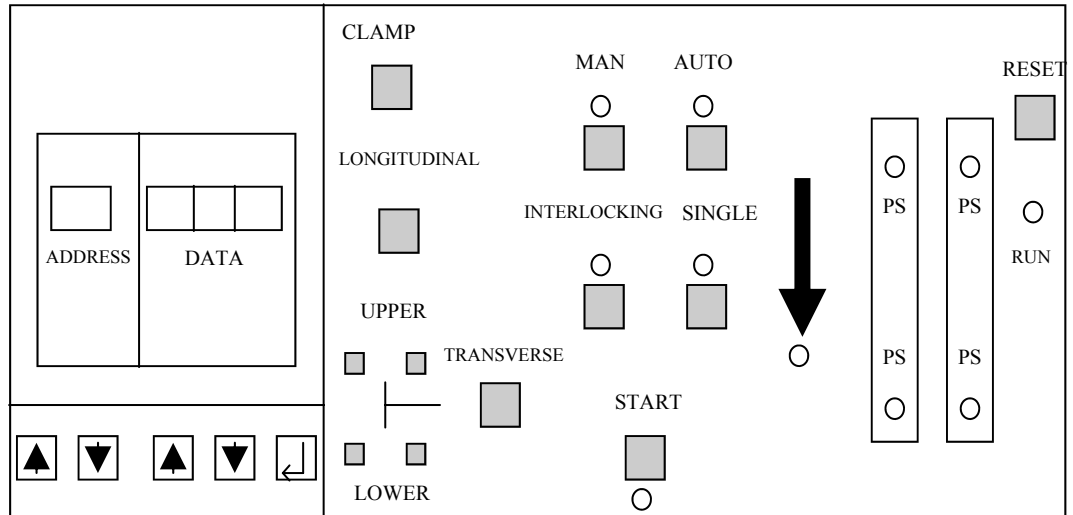
**SIVUKUVA**

**JULKISIVU**

**Kuvio 18. Kalvonsyöttölaitteen rakenne  
(P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja)**

Kuvio 19 esittää ohjauslaitteen etupaneelia. Ruiskuvalukoneenhoitaja käyttää sen asetuksia ja voi niistä valita joko manuaalisen tai automaattisen käytön.

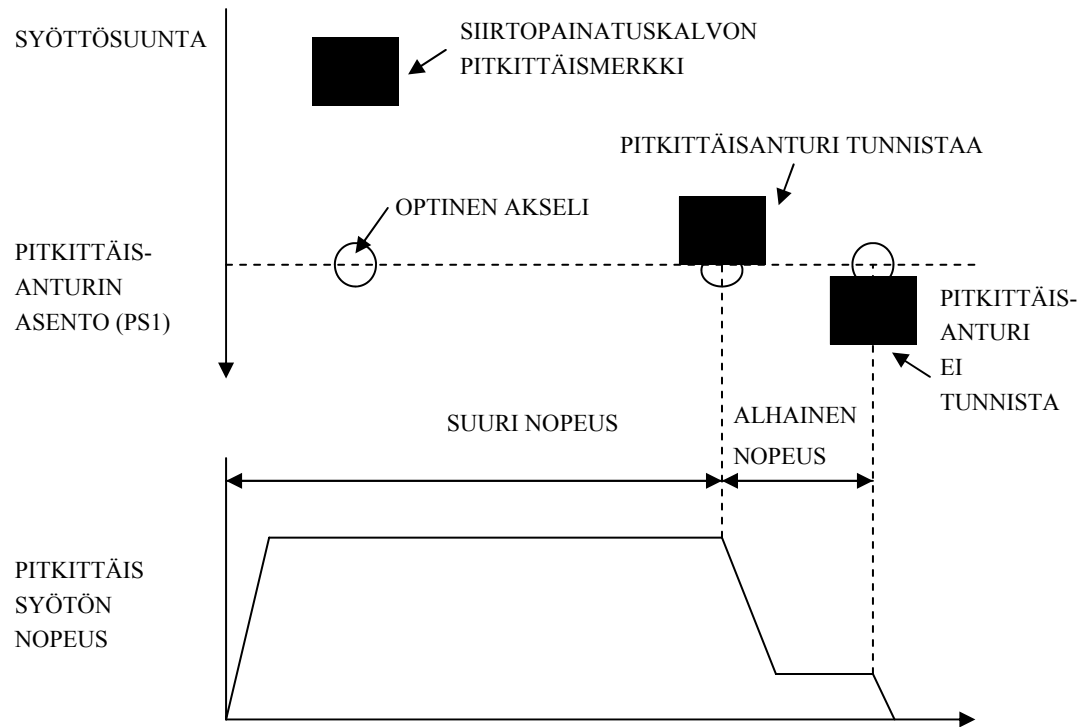
Häiriön sattuessa etupaneelissa oleva näyttö ilmaisee virhekoodin, jonka avulla saadaan paikallistettua virhe nopeammin. ( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja )



**Kuvio 19. IMD-laitteen ohjauspaneeli**  
( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja)

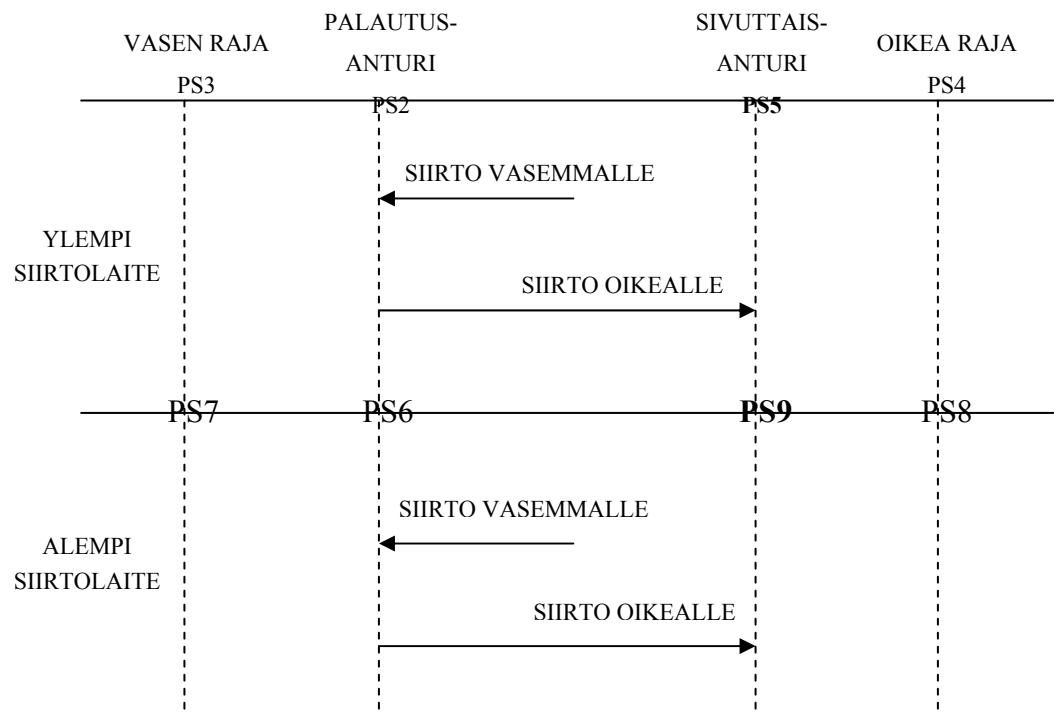
#### 4.8.2 Kalvonsyöttölaiteen kohdistusmenetelmä

1) Pitkittäiskohdistus tapahtuu, kun pitkittäisanturi (PS1) tunnistaa siirtopainatuskalvon pitkittäismerkin. Kalvoa syötetään ensin suurella nopeudella pitkittäisyötön alussa, ja sitten vauhti hidastuu, kun pitkittäisanturi (PS1) tunnistaa pitkittäismerkin. Kun pitkittäismerkki ohittaa pitkittäisanturin (PS1), syöttö pysähtyy. Ajaessa pitkittäissyöttö kahdella nopeudella, pitkittäinen kohdistus saadaan suoritettua lyhyessä ajassa ja suurella tarkkuudella. Kuvio 18 esittää pitkittäiskohdistusperiaatetta. ( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja )



**Kuvio 18. Siirtopainatuskalvon pitkittäiskohdistuksen periaate  
( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja )**

2) Sivuttaiskohdistus tapahtuu, kun muottiin asennetut sivuttaisanturit (PS5 ja PS9) havaitsevat siirtopainatuskalvon sivuttaiskohdistusmerkin. Kuvio 19 esittää sivuttaiskohdistuksen periaatetta.



**Kuva 19. Siirtopainatuskalvon sivuttaiskohdistuksen periaate  
( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja )**

3) Jos käytetään sekä ylempää että alemmaa sivuttaisanturia.

1. Osoite numero 9 asetetaan [    ].

2. Siirto molempiin suuntiin, sekä oikealle että vasemmalle, alkaa samanaikaisesti.

Ylempi sivuttaissiirtoanturi (PS5) pysäyttää ylemmän sivuttaissiirtolaitteen ja alempi sivuttaissiirtoanturi (PS9) pysäyttää alemman sivuttaissiirtolaitteen.

#### 4.8.3 Prosessi

Kun virta on kytketty, ohjauslaite käynnistää sisäisen alkukäsittelyn.

Sivuttaissiirtolaite etsii lähtökohdan. Kun asetukset on päättyneet (MAN (manuaalisen käytön näyttö) syttyy), käytön voi aloittaa. Kalvosyöttölaitteen prosessikaavio (Kuvio 20) on seuraava:

- Toiminnan käynnistysignaali päällä → **Toiminnan käynnistys**
- Kohdistuksen päättymissignaali pois päältä ←
- Käynnistysviiveen ajastin



**Sivuttaissiirto vasemmalle**

- Ylempi ja alempi sivuttaissiirtolaite käynnistyvät samanaikaisesti. Laite pysähtyy palautuspisteessä (PS2, PS6).



**Pitkittäissyöttö**

- Pitkittäissyötön käyttömoottori pyörii suurella nopeudella. Nopeus hidastuu, kun PS1 tunnistaa pitkittäismerkin. Se pysähtyy, kun pitkittäismerkki on ohittanut pitkittäisanturin PS1.



**Kalvonkiristin**

- Solenoidit (CV1, CV2, CD1 ja CD2) kiristinrullan ylä- ja alaosassa magnetoituvat samanaikaisesti.



**Sivuttaissiirto oikealle**

- Ylempi ja alempi sivuttaissiirtolaite aloittavat liikkumisen oikealle samanaikaisesti. Ne pysähtyvät ylemmän sivuttaisanturin (PS5) ja alemman sivuttaisanturin (PS9) kohdalla.

- Kohdistuksen päättymissignaali päällä ← **Kohdistuksen päätyminen**
- Kiristimen vapautuksen ajastin



**Kalvonkiristimen vapautus**

- Solenoidi magnetoimaton



**Kalvon irrotus**

- Pitkittäissyöttömoottori pyörii vastakkaiseen suuntaan
- Kalvonirrotusajastin



**Seuraavan jakson odotus**

**Kuvio 20. Kalvosyöttölaitteen prosessikaavio  
( P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja )**

#### **4.8.4 Foilinsäätölaitteiden kiinnitys muottiin**

Irrotetut foilinkäsittelylaitteet eli yläpuolinen (PS1 ja PS5) ja alapuolinen (PS9) kiinnitetään samoihin kohtiin, joista ne irrotettiin muottia pois ottaessa.

Kiinnityksen jälkeen tarkistetaan niissä olevien valokuitujen (anturien) kunto ja niiden päiden kunto. Jos valokuitujen päät ovat vioittuneet, katkaistaan niistä noin 2 mm päästä pois siihen tarkoitukseen olevalla työkalulla. Valokuidut kiinnitetään samoihin paikkoihin anturivahvistimeen, jos niitä purettaessa on otettu irti.

Säädetään paikoitusantureita ympäröivät ohjainlevyt niin lähelle toisiaan kuin mahdollista. Sopivin etäisyys on 4-5 mm. Paikoituksen aikana foilin tulee kuitenkin päästä vapaasti liikkumaan. Ohjainlevyjen pyrkimyksenä on ohjata foili kulkemaan suorassa ja mutkittelematta anturien ohi.

Anturit säädetään lähelle toisiaan, mutta ne eivät saa koskettaa foilia. Anturien päät eivät saa tulla ohjainlevyjen sisäpuolelle, eli foilin puolelle. Tämän jälkeen voidaan kytkeä foilifeederin ohjausyksikössä virta päälle ja tarvittaessa tehdä paikoitusanturien herkkyyden säätö.

#### **4.8.5 Siirtopainatuskalvon kohdistus**

Foilin kohdistamisessa muotista avataan foiliklampit auki, ja foili pujotetaan oikeaoppisesti paikalleen kulkemaan foilinsäätölaitteiden ja muottiklamppien välistä ja liitetään alhaalla olevaan alatyhjennystelaan. Kun asennetaan foili foilikelaan akselille, varmistetaan, että foili tulee akselin keskelle. Foilin ohjaustaulun etupaneelista käynnistetään foilin asemointi, eli pitkittäiskohdistus ja sivuttaiskohdistus.

Siirtopainatuskalvon asettuessa kohdalleen sivuttaissiirtokohdistuksen kohdalla, pitää foilinohjauspaneelilla, olevat (PS5 ja PS9) rajat saavuttaa samanaikaisesti. Tämä seikka voidaan hoitaa foilinsäätölaitteistojen säätömikroruuveilla.

#### **4.8.6 Siirtopainatuskalvon imu**

Vakuumin tarkoitus on:

- oikaista foili –rypyt
- pitää foilia paikallaan ruiskutuksen aikana

Mitä paksumpaa foili on, sitä voimakkaampi imu vaaditaan. Periaatteessa imun kasvattaminen parantaa tuotteen laatua tiettyyn rajaan saakka, minkä jälkeen vaikutus tasaantuu eikä imun kasvattaminen enää paranna tuotetta. Se ei myöskään huononna tuotetta. Imun voimakkuus saattaa vaikuttaa siihen, kuinka tiukasti kappale on ulostyöntötappien päissä. Kovalla imulla saattaa joskus jopa käydä niin, että kappaleet jäävät foiliin kiinni tai putoavat lattialle.

- Imun käyttö/käyttämättä jättäminen on tapauskohtaista. Lähtökohtana on, että imua ei käytetä, ellei se ole tarpeen.
- Imu asetetaan kytketymään vasta muottiklamppien sulkeutumisen jälkeen.

- Ejektorit eivät saa olla muottipöytien sisällä tai missään muussakaan paikassa, koska ne nostavat pölyä muotin sisään.
- Asennuksen yhteydessä testataan paineilmalla varovasti, että imukanavat ovat auki.

#### **4.8.7 Paikoitusanturien säätö**

Jos olosuhteet pysyvät muuttumattomina, ei paikoitusanturin säätöihin tarvitse koskea. Foilin muuttuessa toisen tyyppiseksi tarkistetaan aina paikoitusanturien toimivuus, koska myös ”laatikon” – ja vaakapaikoitus juovan väri voi mahdollisesti muuttua, ja on mahdollista, että anturit eivät enää lue oikein.

#### **4.8.8 Paikoitusanturien herkkyden säätö**

Asetetaan läpinäkymätön, esim. pahvi, anturien väliin (= suljetaan optinen yhteys anturien välissä). Painetaan anturivahvistimesta SET –näppäin pohjaan ja pidetään se pohjassa. Kun anturivahvistimen keltainen valo (SET –näppäimen vieressä) alkaa vilkkua, päästetään SET –näppäin ylös. Silloin keltainen valo sammuu.

Toiminta tarkastetaan liikuttamalla pahvia tms. anturien välissä/pois liikkeellä. Foilifeederin ohjausyksikön merkkivalojen tulee silloin reagoida.

### **4.9 Ruiskuvalukoneen valmistaminen ajoon**

#### **4.9.1 Ruiskutusyksikön lämpötilan asetus**

Näyttöpaneelistä valitaan lämmönohjausvalikko. Jos ruiskuvalukoneen tykki on pudotuslämmöllä, sen saa kuitattua hälytysvalikosta ”Nolla lämpötilan pudotus”-painiketta painamalla. Kun kuittaus on tehty, lämmöt alkavat nousta lämmityssylinterissä.



## 4.9.2 Kuumakanavalaitteen nosto ajolämpötilaan

Kuumakanavalaitteen pudotuslämpötiloja nostetaan sadalla asteella, jos niitä oli pudotettu saman verran.

## 4.9.3 Muotin automaattinen korkeuden säätö

Suorittaessa automaattista muotin korkeuden säätöä, on huomattava seuraavaa:

- 1) Odotetaan kunnes muotin lämpötila on tasaantunut.
- 2) Kaikki automaattisen muotin korkeuden säädön tarvitsemat tiedot on syötettävä etukäteen.
- 3) Automaattinen muotin korkeuden säätö ei normaalisesti toimi kolmeosaiselle muotille tai muotille, jolla on voimakas jousi tai kartiomainen tappi. Tällaisille muoteille suoritetaan manuaalinen korkeuden säätö.

Tämän linssimuotin kohdalla automaattinen korkeuden säätö on mahdollinen.

Kun edellä mainitut vaiheet on suoritettu, ajetaan hitaalla ajolla (etanalla) muotin puoliskot melkein kiinni, jätetään n. 10 cm rako ja valitaan sulkuvälikko / ulostyöntöasetusvalikosta muotin korkeuden säätöruutu.

Avautuvasta välikosta asetetaan tarvittava sulkuvoima ja automaattinen muotin korkeudensäätö valintanäppäimen avulla ON:lle. Suljetaan ruiskuvalukoneen etuluukku ja painetaan ensin automaattinäppäintä ja sitten käynnistysnäppäintä käyttöpaneelista.

Tästä seuraa, että ruiskuvalukone säätää automaattisesti muotin korkeuden ja ilmoittaa näyttötaululla säätämisen päättyessä ”DIE HIGHT ADJUST COMPLETE”. Tämän jälkeen siirrytään takaisin sulkuvälikko / ulostyöntövalikkoon ”MTI KOSKET” kohtaan ja siirretään kursorin avulla uusi sulkuasema vanhan aseman tilalle.

Muotin korkeuden säätämisen päätyttyä voidaan hiljaisella ajolla (etanalla) kuljettaa muottia hivenen tiukemmin kiinni ja painamalla hätä seis-painiketta vapauttaa samalla servomootorit. Sen jälkeen koneenkäyttäjän tarkastaa sulkuaseman lukeman uudelleen. Nyt havaitaan uusi sulkuaseman lukema, joka asetetaan muottikosketus kohtaan.

Tällä menetelmällä saadaan muotin sulkeutuminen tiukemmaksi, jolloin välinlyönnin mahdollisuus vähenee. Tämän menetelmän riskinä on liiallinen sulkeutuminen, jos muotin lämpötila ei ole vielä tasaantunut ja siitä seuraa muotin jakotason vahingoittuminen pitemmällä aikavälillä.

Eli juuri muotin mahdollisen vahingoittumisen takia käytetään edellä mainittua mahdollisuutta harkiten.

#### **4.9.4 Ruiskutusyksikön puhdistusajo**

Automaattinen puhdistus puhdistaa automaattisesti sylinteriin jäljelle jääneen muovin nykyistä muovia vaihdettaessa tai lopetettaessa ruiskuvalu.

Ruiskutusyksikön tykin saavutettua asetetun lämpötilan ja lämpötasauksen päätyttyä ajetaan automaattinen puhdistusajo. Ennen sitä peruutetaan ruiskutusyksikkö riittävästi muotista pois, kunnes suutin ei enää kosketa muottia. Tämä voidaan varmistaa, kun itsediagnostiikan näytölle LCD-näytöllä ilmestyy seuraava viesti ”NOZZLE TOUCH NOT MADE”.

Varmistetaan, ettei hätätila eikä hätäseis-tila ole näkyvässä alakulmassa LCD-näytöllä.

Seuraavaksi kuvataan ruiskutusyksikön puhdistusajoa:

- 1) Ensin asetetaan puhdistusehdot automaattisen puhdistuksen näytölle, kuten esimerkiksi puhdistuksien määrä, ruuvin pyörimisnopeus ja annoskoko.
- 2) Painetaan puhdistusnäppäintä käyttöpaneelista, jotta puhdistuslamppu syttyy.
- 3) Seuraavaksi painetaan automaattinäppäintä käyttöpaneelista.
- 4) Lopuksi painetaan käynnistysnäppäintä käyttöpaneelista, silloin automaattinen puhdistus käynnistyy.

#### **4.9.5 Ruiskutusyksikön ajo kiinni muottiin**

Ruiskutusyksikön ajo kiinni muottiin tehdään seuraavalla tavalla:

- 1) Ensin varmistetaan, että manuaalitila on valittu käyttöpaneelista. Kun manuaalitila on valittu, manuaalinäppäin palaa.
- 2) Painetaan ruiskutusyksikkö-näppäintä käyttöpaneelista siten, että se syttyy.
- 3) Suljetaan sulku ja lukitaan se.

- 4) Painetaan vasenta suuntanäppäintä käyttöpaneelista, silloin ruiskutusyksikkö aloittaa välittömästi liikkumisen eteenpäin. Kun suutin koskettaa muottia, ruiskutusyksikkö pysähtyy automaattisesti. Ruiskutusyksikkö ei liiku enää, vaikka vasenta suuntanäppäintä painetaan.

#### 4.9.6 Muotin läpiruiskutus

Kun ruiskutusyksikkö on ajettu kiinni muottiin ja asetettu lämpötila on noussut ruiskutusyksikön tykissä ja kuumakanavassa sekä autopuhdistus on ajettu, voidaan muovina ruiskuttaa muotin väliin.

Ruuvia ajetaan eteen, että annoskoko voidaan annostaa. Maksimi ruiskutusaine muutetaan arvoksi yksi baari, alkuperäinen arvo muutetaan takaisin läpiruiskutuksen jälkeen.

Valitaan näyttötaululta suuttimen sammutus I/O valikosta ja valikoidaan se käyttöön valintanäppäimien avulla.

- 1) Valitaan painamalla manuaalinäppäintä siten, että se palaa.
- 2) Valitaan noin 20 bar:ia vastapaineeksi annostelun asetus-valikosta vain sille ajalle, että saadaan muotin läpiruiskutus suoritettua.
- 3) Jos annosta ei ole, painetaan puristusnäppäintä ja pidetään se alhaalla, silloin ruuvi ottaa annoskoko ja pysähtyy automaattisesti.
- 4) Seuraavaksi valitaan ruuvin näppäin siten, että se palaa ja pidetään vasenta suuntanäppäintä alhaalla, jolloin muovi virtaa muottipuoliskojen välissä.

#### 4.9.7 Muotin iskulukeman nollaus

Tuotannonhallinnan valikosta nollataan muotin iskulukemat kohdassa ”Hyvä nolla”. Silloin valikkoon ilmestyy 0 iskuja.

## **5 EHDOTUKSET TUOTANNON PROSESSEILLE**

Ongelmana on, että kun muotti on jo asennettu ruiskuvalukoneeseen ja tuotanto käynnistetään, huomataan tuotteessa esim. mustia pisteitä, kirkkaita pisteitä, ruiskutusjälkiä jne. enemmän kuin yleensä. Tämä on yleisin ongelma linssi-tuotteen ajon aloittamisessa, koska tuote on virheellinen, jos siinä huomataan kyseisiä virheitä. Tämä ongelma johtuu siitä, että kysymyksessä ovat hyvin erilaiset toimintatavat prosessin pysäyttämässä ja aloittamisessa seisokkien yhteydessä, mikä näkyy myös saannoissa. Seuraavaksi käsitellään alasajo- ja ylösajoprosessin toimintamalleja, jotka ovat todettu toimivaksi tuotannossa.

### **5.1 Alasajoprosessin toimintamalli**

#### **5.1.1 Kone on pysähdyksissä yli vuorokauden**

- 1) Ensimmäiseksi sammutetaan raaka-aine suppilo.
- 2) Raaka-aine suppilo tyhjenetään ajossa olleesta raaka-aineesta.
- 3) Annostellaan polypropeenä (PP) raaka-aine suppiloon ja suoritetaan automaattinen puhdistusajo. Valitaan I/O – valikosta ruuvien etuasento.
- 4) Lämmöt pudotetaan pudotuslämmöille ruiskutusyksikön tykistä ja kuumakanavasta.
- 5) Odotetaan, että lämmöt ovat saavuttaneet pudotuslämpötilan.
- 6) Sallitaan veden kiertää ennen muotin ja kuumakanavan temperointilaitteiden sammuttamista noin yksi tunti.
- 7) Sammutetaan ruiskuvalukoneen virrat ja suljetaan vesikierron vesihanat seinästä.
- 8) Alasajo on suoritettu

### **5.1.2 Kone on pysähdyksissä alle vuorokauden**

- 1) Sammutetaan raaka-aine suppilo.
- 2) Raaka-aine suppilo tyhjennetään ajossa olleesta raaka-aineesta.
- 3) Ruuvia ajetaan etuasentoon niin, että annoskoko on noin 1 mm.
- 4) Automaattisen puhdistuksen jälkeen ruiskutusyksikön tykin lämmöt lasketaan pudotuslämpötilaan.
- 5) Muotin ajolämpötilat pidetään samoina.
- 6) Kuumakanavan lämmöt pudotetaan puolet pienemmäksi.
- 7) Alasajo on suoritettu.

## **5.2 Ylösajoprosessin toimintamalli**

### **5.2.1 Kone on pysähdyksissä yli vuorokauden**

- 1) Ruiskuvalukoneen vesikiertohanat avataan.
- 2) Kytetään ruiskuvalukoneeseen ja kuumakanavalaitteeseen virrat päälle.
- 3) Varmistetaan, että lämmöt nousevat ruiskutusyksikön tykissä ja kuumakanavassa ensin pudotuslämpötilaan.
- 4) Kytetään muotin temperointilaitteet päälle.
- 5) Ruiskutusyksikön tykin ja kuumakanavan lämpötilat nostetaan normaaleihin ajolämpötiloihin, kun ne ovat saavuttaneet pudotuslämpötilan.
- 6) Aloitetaan automaattinen puhdistusajo ja laitetaan raaka-aine suppilo päälle, kun polypropeeni on melkein poistunut ruiskutusyksikön tykistä.
- 7) Ylösajo on suoritettu.

### **5.2.2 Kone on pysähdyksissä alle vuorokauden**

- 1) Kuumakanavan ja ruiskutusyksikön tykin lämmöt nostetaan käyttölämpötiloihin.
- 2) Lämmöntasausajan jälkeen aloitetaan automaattinen puhdistusajo, valitaan I/O – valikosta annoskoko.
- 3) Raaka-aine suppilo laitetaan päälle ja annostellaan kuivaa raaka-ainetta.
- 4) Ylösajo on suoritettu.

## 6 EHDOTUKSET MUOTIN ASENNUKSELLE

### 6.1 Muottihuolto

Koska muottihuolto vaikuttaa asetusajaan, seuraavilla ehdotuksilla välttyttäisiin varsinaisten tuotantomuottien puhdistus- ja määräaikaishuoltojen viiveiltä, eikä näin olleen tulisi tuotannon keskeytyksiä.

- 1) Lähetettäessä muotti muottihuoltoon on selitettävä lomakeella mikä on vikana, mahdollinen merkintä, kuka otti muotin alas, mallikappaleet ja kyseisen henkilön puhelinnumero, siltä varalta että tulisi kysyttävä.
- 2) Sulkuneulat asetetaan taakse ja muotti kunnolla tyhjäksi vedestä kapillaari-ilmion varalta, ennen kuin lähetetään muotti muottihuoltoon.
- 3) Muottihuollon yhteydessä ja muiden töiden osalta on tehtävä aika-arviointi ja ilmoittautuminen tiimiin ja esimiehelle, milloin muotti on valmis ja koska sitä saa tulla noutamaan. Kuitenkin voi vain arvioida, että muottia purettaessa ei ilmene muita ongelmia, esim. muotin peilipintaisten osien kiillotus, ulostyöntötappien kuluminen, keernojen likaantuminen ja mahdollinen kiinnileikkautuminen.
- 4) Muottihuollossa on jokaiselle osastolle merkitty tila, johon sijoitetaan huolletut/korjatut muotit.
- 5) Muottihuoltoon tuleville kiireisille muoteille prioriteetin mukainen järjestys.
- 6) Paras ajankohta viedä muotti huoltoon on muottihuollon vuoron alussa.
- 7) Muottihuoltoon kuuluisi jakotasojen ja peilipintojen puhdistus simicromilla, että muotin ylösajossa ei hukata aikaa puhdistukseen.
- 8) Muottihuollossa esim. lämmittämällä ensin kuumakanava noin 300 asteeseen ja puhaltamalla paineilmalla sen läpi, puhdistetaan kanava vanhasta materiaalista. Tämä puhdistava toimenpide edesauttaa, kun ajetaan tuotantoa ylös, mustien pisteiden varalta. Tämä menetelmä ei ole täydellinen, koska paineilman avulla ei pystytä puhdistaman kuumakanavaa kokonaan, tämän takia tarvitaan toisenlaista kehittyneempää versiota, jotta päästään ongelmasta.

- 9) Muottihuollon varastossa tulisi olla tietyt varaosat muotille huolto/korjausajan lyhentämiseksi. Esim.
- keernat
  - ulostyöntötapit ym.
  - kuulaohjaimia ja o-renkaita (eri kokoja)
  - elektrodit pesien korjauskipinätyöstöä varten
- 10) Varastokirjanpito ja seuranta ovat tärkeitä, etteivät varaosat pääse loppumaan, näin huoltoihin/korjauksiin ei tulisi turhia viivästymisiä.
- 11) Jos muottihuollolle on asetettu tiukat aikavaatimukset, työt jaetaan kahteen tai kolmeen osaan riippuen siitä kuinka monta työntekijä on paikalla.

## 6.2 Muotin asennuksessa tarvittavia työkaluja

Ennen muotin asennusta koneenhoitajat hakevat tarvittavat työkalut ruiskuvalukoneen viereen, ja jos käy onnellisesti, huomataan ennen asennusta että esim. valokuitua on vaihdettava, niin lähdetään hakemaan sitä varastosta. Tämän lisäksi muotin asennuksessa tarvittavat työkalut ovat yleensä muiden työkalujen seassa työkalukaapissa, näin ollen koneenhoitajan on karsittava mahdollisesti tarvittavia työkaluja ja kuljettava edestakaisin kerätäkseen niitä.

Ongelman ratkaisemiseksi on hankittu pyörillä varustettu työkalukaappi, joka on käytettävissä vain muottiasennukseen yhteydessä. Työkalukaapissa löytyy laidasta laitaan asennukseen tarvittavia työkaluja ja varaosia. Esim.

- 2 × 24 mm lenkkiavaimia
- räikkävain
- hylsysetti
- kuusiokoloavainsetti
- vesivaaka
- käsineet
- valokuitu
- valokuidun katkaisin
- nostoliina ja koukut
- vesiletkia
- paineilmaletkia

- paineilimaliittimet
- risti- ja tasapääruuvimeisselit
- IMD- laitteen varaosat
- nosturin kauko-ohjain ja vara-akku
- erilaisia pultteja, prikkoja, lestirautoja muotille

Tarvittavat temperointiletkut sijoitetaan myös lähelle työkalupakkia, näin saadaan nopeammin vaaditut työkalut asennuspaikalle.

### 6.3 Temperointilaitteet

Jotta muotti lämpenisi nopeammin, edellisen muotin alasajossa suljetaan ruiskuvalukoneen jakotukissa sijaitsevat hanat. Kun hanat on suljettu, voidaan käynnistää temperointilaitteet päälle noin 40 °C yli asetetusta arvosta, esim. silloin kuin uusi asennettava muotti on koneen vieressä tai aikaisemmassa vaiheessa. Näin olleen temperointilaitteet lämmittävät vedet ylisäädettyyn arvoon, mutta eivät kierrättää sitä vielä muotissa.

Sen jälkeen kun muotti on asennettu, pystytään letkuttamaan sekä etu- ja takamuotti ja avaamaan jakotukissa olevat hanat. Tällöin saadaan heti muottiin kiertämään kuumemmaksi säädetty vesi ja näin nopeutetaan muotin lämpenemistä. Pintalämpötilamittaria käyttäen voidaan mitata muotin pintalämpötila ja kun se on jonkun verran asetusarvojen alapuolella, säädetään temperointilaitteistosta oikeat asetuslämpötilat takaisin.

Tämän vaiheen nopeuttaminen aikaansaa mahdollisuuden säätää muotin passausta aikaisessa vaiheessa, kun muotin lämpötila on jo tasaantunut.

### 6.4 Temperointiletkujen tarkastus

Ennen muotin asennusta on tarkistettava temperointiletkujen ja -liittimien kunto silmämääräisesti. Temperointiletkujen liittimet voivat jonkun ajan kuluttua toimia huonosti, tätä varten liittämiin on sumutettava esimerkiksi voiteluöljyä.



## **6.5 Letkutus**

Linssimuotille hankittiin omat pituudeltaan optimaaliset temperointiletkut. Jokaisen letkun liittimet on maalattu samalla värillä. Muotin vesikiertoliittimien ympäryks on maalattu myös, näin saman värin perusteella suoritetaan letkutus. Tällä tavalla saadaan nopeasti ja vaivattomasti oikeat temperointiletkut liitettyä väriin ehdolla vain niille tarkoitetuille muottiliittimelle, myös liittäminen on helppoa letkun ihanteellisen pituuden takia.

## **6.6 Paineilmaletkut**

Muottiklampit, ulostyöntö ja neulasuuttimet linssimuotissa käyttävät toimiakseen paineilmaa. Näiden toimintaosien paineilmakytkennät on kerrottu nykyisen menetelmän kartoitusosassa. Paineilmaletkujen kiinnityksen helpottamiseksi on otettu myös väriperiaaten mukainen menetelmä. Eli jokainen paineilmaletku on eri värinen, ja se yhdistetään väriin ehdolla oikeaan muotissa olevan liittimeen. Myös siirtopainatuskalvon alipaineletku, ja tämän liitin on muutettu väriperiaaten mukaiseksi.

## **6.7 Foilinsäätölaitteet**

Molemmille foilinsäätölaitteelle on kiinnitetty säilytystelineet, näin ei ole tarvetta irrottaa niistä lähteviä valokuituja vioittumisen varalta, vaan foilinsäätölaitteet kiinnitetään samoihin paikkoihin, joista ne irrotettiin muottia pois ottaessa. Foilinsäätölaitteiden kiinnityspultit on vaihdettu lyhyempiin kiinnitysajan säästämiseksi.

## **6.8 Muotin kiinnitys**

Muotin kiinnitykseen tarvittavat pultit/lestiraudat kierretään löysästi kiinni ruiskuvalukoneen aisojen alle mahdollisimman vaivattomaan paikkaan muotin alasajossa, näin kiinnikkeet ovat käden ulottuvilla muotin ylösajossa.

Ruiskuvalukoneen etu- ja takapöydässä muotin kiinnitykseen tarvittavat kierteet ja pultit puhdistetaan ja rasvataan kiinnityksen parantamiseksi (ei asennuksen aikana).

Myös pulttien pituus huomioidaan ja valitaan sopivimmat. Muotin kiinnityksen loppuvaiheessa toinen työpari auttaa pulttien kiristyksessä solun puolelta.

Hän myös asentaa temperointiletkut ja paineilmaletkut solupuolelta heti kun muotti on kiristetty.

Temperointiletkujen liittäminen on toinen vaihe muotin asennuksessa. Kun työpari on liittämässä letkut solupuolelta, konepuolelta kiinnitetään foililukijalaitteistot pujottaen samalla siirtopainatuskalvo.

## **6.9 Ulostyöntö**

Kaksipuoliset paineilmasylinterit, joihin liitetään paineilmaletkut ulostyönnölle, käännetään 90 astetta ja sovitetaan niille lyhyempiä liittimiä. Tällä toimenpiteellä saadaan asennuksessa muotti aisojen väliin, ilman tarvetta irrottaa paineilmaletkun liittimet paineilmasylintereistä.

## **6.10 Autopuhdistus**

Kun suoritetaan autopuhdistusta, mikään ruiskuvalukoneen luukku/ovi ei saa olla auki, mutta solupuolelta voidaan esimerkiksi puhdistaa muotin pesät ongelmitta manipulaattorille tarkoitetun ikkunan kautta. Tämä keino on hyödyllinen varsinkin silloin, kun suoritetaan pidempi autopuhdistus polypropeenin takia.

## **6.11 Lämpökäsineet**

Muotin alasajossa useimmiten joudutaan odottamaan, kunnes muotti on jäähtynyt ja sitä voidaan käsitellä käsiin. Tämä toimintaperiaate on turha ja aikavievä tekijä, jos halutaan asentaa heti toinen muotti koneeseen. Korjatakseeni tämän ongelman päädyin lämpökäsineiden käyttöön. Niiden avulla voidaan säästää aikaa muotin alasajossa ja välttää turhaa odottamista.

## 7 UUSI TYÖJÄRJESTYS MUOTIN ASENNUKSESSA

Tässä työn osuudessa kuvataan työn kulkua uuden laatimani työjärjestyksen mukaan muottiasennuksessa kaikkien ehdotuksien kanssa, joita pystyttiin tekemään. Muottiasennusta tehtiin ilman harjoittelua, vain asentajan kanssa käytiin teoriaosuudet läpi uudesta ohjeistuksesta linssimuotin asennuksessa. Muotin asennus tapahtui ripeässä tahdissa, ja molemmat osapuolet tiesivät etukäteen, mitä kunkin kuului tehdä. Muotin asennusaikana työkaveri oli auttava osapuoli, joka työskenteli enimmäkseen solupuolella. Kaikki muut työvaiheet kuuluivat varsinaiselle asentajalle. Asennustyön alkuosuus simuloitiin siten, että muottihuollosta oli soitettu ja tehty arvio, että muotin saa tulla hakemaan noin viidentoista minuutin kuluttua. Uuden työjärjestyksen aikautkimus on esitetty liitteessä 2.

### 7.1 Lämpötilan aikamittaukset

Pintalämpötilalaitetta käyttäen olin tehnyt alustavan tutkimuksen, eli kuinka paljon aikaa vie muotinlämpötilatasaus, kun tiedetään tarvittava lämpötila. Olen myös mitannut sekuntikellolla, kuinka kauan vie ruiskuvalukoneen tykin lämmitys pudotuslämpötilasta ajolämpötilaan ja kuumakanavalaitteiston lämmitys käynnistyksestä pudotuslämpötilaan ja siitä ajolämpötilaan sekä temperointilaitteiden lämmitys noin 80 °C:een.

Näin olleen kun tiesin nämä ajat, pystyin arvioimaan, missä vaiheessa voidaan nostaa lämpötilat ajolämpötiloihin tykissä ja kuumakanavassa sekä käynnistää sopivaan aikaan temperointilaitteet lämmitykseen.

Tämän lisäksi olin haastattelut toimihenkilöstöä, ja sen perusteella sain selville, mikä olisi optimaalinen muotinlämpötila, että voitaisiin aloittaa ajo ja linssikappaleet olisivat määräysten mukaisia. Haastattelujen ehdolla etumuotin lämpötila pitäisi olla noin 38 °C ja takamuotin lämpötila noin 35 °C. Ensimmäistä aikautkimusta tehdessään muotin lämmittäminen tähän lämpötilaan vei noin yhden tunnin. Uutta ehdotusta temperointilaitteistosta käyttäen saatiin sekä etu- ja takamuotti tähän lämpötilaan noin 20 minuutissa.

Kaikki tulokset lämpötilan aikamittauksista nähdään taulukossa 4.

**Taulukko 4. Alustavan tutkimuksen mittauksista saatuja aikoja.**

	Tarvittava lämpötila (°C)	Aika
Etumuotti	n.38	n.20 min
Takamuotti	n.35	n. 20 min
Kuumakanava	270–270–270–270	n.15min 30sk.
Tykki	255–250–240–235– 50	n. 35min.30sk
Temperointilaitteet	80–80	n. 15 min

Edellisessä taulukossa on esitetty: muotin lämmittämiseen ja lämpötilan tasaamiseen kuuluva aika tarvittavan lämpötilan saavuttamiseksi.

Kuumakanavalaitteiston lämmittämiseksi ajolämpötilaan tarvittava aika.

Ruiskutusyksikön tykin lämmittämiseen tarvittava aika pudotuslämpötilasta ajolämpötilaan ja sen tasausaika sekä temperointilaitteiden lämmittäminen 20 °C:stä noin 80 °C:een.

Muottimittauksia oli tehty sitä varten, että muotin passausta pystytään tekemään kun muotin lämpötila on tasaantunut ja tuotanto voidaan käynnistää silloin, kun muotti ja muotinpesät ovat asetusrvojen mukaiset.

## 7.2 Työkaverin työvaiheet

Tässä on yhteenveto työkaverin työvaiheista:

- Auttaa muotin kiristyksessä solupuolella.
- Käynnistää kuumakanava, kun se on mahdollista.
- Kiinnittää temperointiletkut ja avata jakotukissa olevat hanat.
- Kiinnittää paineilmaletkut ja avata niille kuluvat paineilmahanat.

Kun kaikki nämä työvaiheet oli tehty, työkaveri oli vapaa siirtymään muihin tehtäviin.

### 7.3 Aloittaminen

Kun muottihuollosta tuli simuloitu soitto, että muotti on valmiina viidentoista minuutin kuluttua, haettiin muottiasennukseen tarkoitettu työkalupakki sekä muottikohtaiset temperointiletkut koneen viereen. Käynnistettiin temperointilaitteet sekä asetettiin ruiskuvalukoneen tykin lämpötila ajoarvoihin noin 5 minuuttia ennen muotin hakua. Temperointilaitteet käynnistettiin noin 35 ajolämpötiloja korkeammalla lämpötilalla ja ruiskuvalukoneen jakotukissa sijaitsevat hanat olivat jo kiinni edellisen muotin alasajossa sekä kylmävesikiero oli pois päältä. Nollattiin tuotantohallinnasta iskulukemat ja asetettiin muotin aukeamalle suurin mahdollinen matka sekä siirrettiin nosturi koneen viereen.

### 7.4 Työnkulku

Kaikki edelliset vaiheet oli tarkoitus tehdä siinä viidessätoista minuutissa, minkä muottihuolto on pystynyt arvioimaan. Muotti haettiin muottihuollosta ja sijoitettiin se mahdollisimman helppoon paikkaan kraananostoa ajatelleen ja aloitettiin varsinainen muotin ylösajo.

### 7.5 Muotin asennusjärjestys

- Muotti nostetaan sovitteeseen ja vaaitetaan kohdalleen.
- Etumuotin kiristyksessä työkaveri auttaa solupuolelta, kun etupuoli on kiinnitetty, ajetaan takapöytä muottiin ja kiinnitetään se samalla periaatella.
- Konepuolella oleva asentaja irrottaa muottiraudan, nostosakkelin, asentaa kuumakanavalaiteiston piuhat, nostaa nosturia vähän ylemmäs sekä avaa muotin.
- Kun muotti on avattu, työkaveri kiinnittää temperointiletkut ja paineilmaletkut solupuolelta värikoodien avulla ja avaa jakotukissa olevat vesihanat sekä paineilmanhanat. Tästä lähtien työkaveri voi siirtyä muihin töihin.
- Samaan aikaan konepuolella oleva asentaja kiinnittää foililukijalaitteistot, jotka ovat niille tarkoitettussa telineissä ylhäältä aloittaen pujottaen samalla siirtopainatuskalvoa. Autetaan toisiaan tarvittaessa.

Tähän asti muotin asetusaika vei noin 11 minuuttia ja 30 sekuntia ja ruiskutusyksikön tykin tasausaika oli jäljellä noin 16 minuuttia. Seuraavaksi suoritettiin muottipesien puhdistus, jonka jälkeen asetettiin kuumakanavalaitteiston kaikki ajoarvot nollassa ajolämpötilaan. Kun asetusaikaa on kulunut noin 14 minuuttia, muottipuolikkaat oli jo suljettu, ettei lämpö karkaisi muottipuoliskojen välistä ja että muotti lämpenisi nopeammin.

Kun siitä on kulunut noin neljä minuuttia, asetettiin temperointilaitteissa alkuperäiset asetusarvot takaisin, että noin 20:n minuutin kuluttua muotinlämpötila olisi tasaantunut asetettuun arvoon ja lämmittimien vesi ehtisi jäähtyä asetusarvoon.

Sekä tykin ja myöhemmin kuumakanavalaitteistoon ajolämpötila oli saavutettu hieman ennen kun muotinlämpötila tasaantui, ja siinä ajassa pystyttiin suorittamaan automaattinen puhdistus.

Seuraavat viimeistelyvaiheet tehtiin kun tarvittavat lämpötilat oli saavutettu:

- autopuhdistus
- muotin korkeuden säätö
- massan ruiskutus muottipuoliskojen väliin.

Tämän jälkeen oli mahdollista ajaa koekappaleet ja tehdä tarvittavat mittaukset linsseille ennen varsinaista tuotannon ajoa.

## 7.6 Johtopäätökset

Analysoitaessa uutta muotinasennusohjeistusta linssituotteelle havaitaan, että asennusvaiheessa oli tarvetta laskea käynnistysvaiheita temperointilaitteille, kuumakanavalaitteistolle sekä ruiskutusyksikön tykille. Tämä johtuu siitä, että muotin lämmittäminen ja tämän lämpötasaaminen oli asetettava etusijalle asennuksen loppuvaiheessa, ettei massa olisi mahdollisesti termisesti hajonnut kuumakanavassa tai ruiskutusyksikön tykissä.

Tästä seuraa, että muotin asennusaika olisi lyhyempi, jos muotille olisi hankittu esilämmityslaite ja kuumakanavajärjestelmä toimisi hivenen ripeämmin. Koska se olisi voitu käynnistää aikaisemmin, unohtamatta kuitenkaan, etteivät massan ominaisuudet kärsisi siitä radikaalisesti. Näiden vaiheiden nopeuttaminen lyhentäisi muotin asetusaikaa vielä noin 13 minuutilla.

## 8 YHTEENVETO

Tällä hetkellä on monia yrityksiä, jotka palvelevat ruiskuvalua harjoittavia asiakkaita. Nämä yritykset pystyvät tarjoamaan erilaisia kokeiltuja järjestelmiä, juuri asetusajanaan vaikuttavia toimenpiteitä. Nämä toimenpiteet ovat yleensä poikkeavia ja kalliita järjestelmiä, joiden avulla pystytään lyhentämään lisää sisäistä asetusajanaa, kuten esimerkiksi muotin esilämmitys, putkitus, kohdistukset ja erilaiset pikakiinnitykset. Tässä työssä en onnistunut kokeilemaan edellä mainittuja toimia yrityksen tämänhetkisen tilanteen takia. Olen enimmäkseen yrittänyt vaikuttaa asetusajan lyhentämiseen työvaiheiden kehittämällä ja niiden uudelleen järjestämällä. Kuitenkin jos halutaan päästä vielä lyhyempiin asetusajoihin ja lyhentää sisäistä asetusta, niin on käytettävä kehittyneempiä järjestelmiä ja käännettävä automatisoinnin puoleen muotin kiinnityksessä ruiskuvalukoneeseen.

## LÄHTEET

Painetut lähteet:

SHIGEO SHINGO 1985: A Revolution in Manufacturing: The SMED System.  
English translation copyright 1985 by Productivity, Inc. Cambridge.

SHIGEO SHINGO 1989: A Study of the Toyota Production System.  
Revised Edition, English re-translation copyright 1989 by Productivity, Inc.  
Cambridge.

SHIGEO SHINGO 1984: Japanilainen tuotantoajattelu. Suomen  
metalliteollisuuden keskusliitto, Mysigma 1984.

SHIGEO SHINGO 1996: Quick Changeover for Operators: The SMED System.  
English translation copyright 1996 by Productivity, Inc. Cambridge.

SHIGEO SHINGO 1992: The Shingo Production Management System:  
Improving Process Functions (Manufacturing & Production). English translation  
copyright 1992 by Productivity, Inc. Cambridge.

Määttänen Keijo, Fanuc  $\alpha$ -sarja, käyttöohjekirja EIMO.

FANUC ROBOSHOT  $\alpha$ -B Series,  $\alpha$ -C Series for Europe, Operator`s Manual,  
Operations B-6938EN/01, Fanuc LTD, 1997.

FANUC ROBOSHOT  $\alpha$ -B Series,  $\alpha$ -C Series for Europe, Operator`s Manual,  
Safety Instructions B-6938EN/01, Fanuc LTD, 1997.

P.Mankki 1998: IMD-laitteen käyttöohjekirja YS 60-015T-2



Painamattomat lähteet:

Foxconn Oy 2006. [ [www.eimo.com](http://www.eimo.com) ]

Foxconn Hollola 2006. Haastattelut 1.2.2006–28.2.2006

LIITE 1

TYÖVAIHEET AIKA (MIN)	Ulkoiset asetukset	SISÄISET ASETUKSET																																					
	Työkalujen haku (vain osa)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
Työkalujen haku (Työkaluja ei ole tarpeen, haku muotin asennuksen aikana.)																																							
Muotin nosto sovitteeseen (Ongelmia tasapainon kanssa)																																							
Muotin kiinnitys (Sopivien pulttien etsiminen, lestirautojen haku)																																							
Vaaitetaan muotti kohdalleen (Etumuotin kiinnitys ja takapöydän ajo kiinni muottiin)																																							
Nosturin irrotus																																							
Muotin kiinnitys (Takamuotin kiinnitykseen sopivien pulttien etsiminen ja kiristys)																																							
Sideraudan ja nostoliina koukun irrotus ja kuumakanavalaitteiston kiinnitys																																							
Muotin aukiajo																																							
Temperointiletken kiinnitys (Paineilma tarkastuksella ► väärin liitetty ► korjaus)																																							
Temperointilaitteiden käynnistys (Muotin lämmitys ja tasausaika vei yksi tunti)																																							
Paineilmaletkujen ja -liittimien asennus ja kiristys. (Muottiklamppit ei toimi ► paineilmaletkut liitetty väärin)																																							
Ylä- ja alapuoleisen foilinsäätölaitteiden kiinnitys (Laitteista valokuidut oli otettu irti ► asennus ► tarkastus)																																							
Keskifoilinsäätölaitteen kiinnitys (Pitkät pultit vei aikaa kiristyksessä)																																							
Kuumakanavalaitteeseen kytketään virta (Asetetaan pudotuslämpötila + lämmitys)																																							
Passaus																																							
Siirtopainatuskalvon pujotus ja huuva paikalleen																																							
Ruiskutusyksikkö ajolämmöille (Lämmitys pudotuslämpötilasta → ajolämpötilaan, tasausaika ohitettu)																																							
Autopuhdistuksen käynnistys (3 kerta)																																							
Kuumakanavalaitteeseen asetetaan ajolämpötila (Lämmitys)																																							
Lopullinen passaus																																							

( JATKUU )



