



Opiskelijan

Kirja

Osa 13

Ruiskuvalu

2021



Tekijät

Laimonas Bačkys

Povilas Čepulkovskis

Gintautas Dervinis

Laurent Daguet

Olivier Fortin

Olivier Fortier

Federica Gallicchio

Mika Heikkilä

Bastien Hervé du Penhoat

Sirkka-Helena Ilveskoski

Genė Jakubauskienė

Ritva Klaavu

Marc Manguin

Bilel Miled

Ari Mäkinen

Dmitrij Novikov

Mindaugas Petravičius

Raimundas Petravičius

Pirjo Pietikäinen

Marjan Ranogajec

Ari Rannisto

Christian Raelison

Jolanta Sakalauskiene

Živilė Šatienė

Edita Šidlauskaitė

Jarmo Tikka

Kęstutis Viselga

Gražina Žardalevičienė

Johdanto

Talouden ja väestökehityksen ennakkoinnin mukaan monissa eurooppalaisissa muoviteollisuuden yrityksissä erikoisosaajien ja tarvittavien taitojen hankkiminen on haaste, alan osaajista on vakava pula Euroopan muovialalla.

Tähän haasteeseen yhtenä vastauksena valmistettiin koulutusmateriaali UPSKILL-projektin (Actions Upward: The Skills for the Digital Future of Plastics Factory, Erasmus +) tuloksena. Tavoitteena oli parantaa eurooppalaisten ammatillisten koulutusjärjestelmien kykyä vastata muovialan työmarkkinoiden erityistarpeisiin ja tarjota muovituotannon työntekijöille innovatiivinen opetussuunnitelma. Erityisesti painotuksina on digitaitoja, robotiikkaa ja muita älykkäitä valmistustekniikoita sekä vihreitä taitoja ja yrittäjyysosaamista.

Tämä koulutusmateriaali on laadittu yhteistyössä kansainvälisen verkoston kanssa oppilaitoksista, liike-elämästä ja Euroopan muovialan järjestöstä EuPC.

UPSKILL-projektikumppanien yhteisesti tuottamaa materiaalia voivat vapaasti käyttää ja materiaali on suunniteltu ammatilliseen koulutukseen kaiken ikäisille. Materiaali sopii käytettäväksi oppilaitoksissa sekä oppisopimusopiskelussa, alan teollisuusyritysten koulutuksessa, ammattia vaihtaville tai opiskeluun ilman aikaisempaa kokemusta teollisuudesta ja alalla tarvittavasta tiedosta.

Kehitettyssä koulutusmateriaalissa on kolme osaa: malli VET Curriculum, Opiskelijan kirja ja Opettajan kirja.

Ammattikoulutuksen malli täyttää EQF:n ja ECVET:n vaatimukset, koska sisältö suuntautuu oppimistuloksiin ja on jaettu oppimiskokonaisuuksiin. Opetussuunnitelmassa on tietoa tutkintoon sisältyvistä moduuleista ja opinnoista, arvioinnista ja opintojen suorittamisen järjestelyistä. Siinä esitetään tutkin-
torakenne, moduulikohtaiset taitovaatimukset tai tavoitteet, ammatillisten aineiden arviointitavoitteet ja arviointikriteerit sekä ammattitaidon osoittamistapa ammatillisissa tutkinnon moduuleissa.

Sekä opiskelijan että opettajan materiaalit perustuvat muovituotannon työntekijän todellisiin osaamis-
vaatimuksiin: ammatillinen osaaminen, joka sisältää muovin käsittelyä, muovin työstökoneiden tekniik-
kaa, ohjelmointia, modernia integroitua valmistusta, digitaalisia järjestelmiä ja nykytekniikkaa. Teknisen
osaamisen lisäksi aineistossa on digitaitojen, vihreiden taitojen, sosiaalisen ja henkilökohtaisen osaami-
sen kehittämistä.

Opiskelijan kirja sisältää teoriaa, harjoituksia ja esimerkkiratkaisuja seuraaviin moduuleihin: Perustaidot
muovituotteiden valmistuksessa; Ammatilliset taidot ruiskuvalusta / puhallusmuovauksesta / putkien,
profiilien, levyjen ja kalvojen suulakepuristuksesta / lämpömuovauksesta / komposiittimuovin valmis-
tuksesta / kumituotteiden valmistuksesta; Ohjelmointia ja digitekniikkaa; Robotiikkaa; Vihreän osaami-
sen (kiertotalous); LEAN-valmistus; Yrittäjämäisyys (ihmissuhdetaidot, työmotivaatio, viestintä, ryhmä-
työ, sopeutumiskyky, suunnittelu, ongelmanratkaisu jne.); Työterveys ja -turvallisuus.

Opettajan kirjan (mukana osaamistesti) tavoitteena on ohjata osaamisen kerryttäminen ketjutettuna
oppimisprosessina. Materiaaleissa on samat moduulit, mutta opettajan kirjassa on vastauksia harjoi-
tuksiin.

Kaikki koulutusmateriaali on englannin, suomen, ranskan ja liettuan kielillä, ja niiden sähköiset versiot
ovat vapaasti käytettävissä UPSKILL-projektin verkkosivuilla: <https://www.upskill-project.eu> ja kaikkien
osallistuneiden ammatillisen koulutuksen järjestäjien opetus- / oppimisalustoilla (APRC, Polyvia Forma-
tion, TREDU, VPM).

Sisältö

Kappale 1: Tavoitteet	5
Kappale 2: Ruiskuvaluun tutustuminen	6
Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen	11
Kappale 4: Käytännön tehtäviä	20
Kappale 5: Menetelmän teoriaa	25
Kappale 6: Muistilista	27
Kappale 7: Harjoituksia	31

Kappale 1: Tavoitteet

Teoriatieto, tekniset taidot, sosiaaliset taidot tämän projektin sisältämän ohjelman WP2 mukaan.

TAIDOT	TIEDOT
TEKNINEN TAITO	
<ol style="list-style-type: none"> Laitteiden toiminnan ja tuotteen laadun seuraaminen. Tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely, asiaankuuluvien turvallisuusohjeiden hallinta ja työtehtävän mukaisesti varotoimenpiteiden noudattaminen. Laitteen pysäyttäminen tai sammuttaminen myös häiriötilanteissa. 	<ol style="list-style-type: none"> Ruiskuvalulaitteiden ja komponenttien toiminta Tuotannon työnkulkujaksot ja materiaaliarve Syyt prosessin ohjauspaneelien tarkistamiseen ja lukema-arvoihin, niin että ovat työohjeiden mukaisia Jätehuolto ja vaatimusten mukaan tuotteiden uudelleenkäytön tärkeys aina kun mahdollista Raaka-aineiden ja laitteiden toiminnan vaihteluiden mahdolliset vaikutukset tuotteen laatuun
TYÖYHTEISÖOSAAMINEN	
<ol style="list-style-type: none"> Oman työn suunnittelu ja ennakointi ja epäkohtien tunnistaminen. Työhön liittyvien asiakirjojen täyttämisen. Tietojen kerääminen ja tiedon haku työn vaatimusten mukaisesti 	<ol style="list-style-type: none"> Laitteiden, materiaalien, prosessien ja menettelyjen oikea valinta ja käyttö Tarkoituksenmukaiset tekijät, jotka voivat vaikuttaa tuotteen laatuun tai tuotannon läpimenoon. Yleisimmät ruiskuvalutuotteiden laatueroavaisuudet ja mahdolliset syyt niihin.
VUOROVAIKUTUSTAIIDOT	
<ol style="list-style-type: none"> Osallistuminen työpaikan vuorovaikutustilanteisiin 	<ol style="list-style-type: none"> Vaarojen hallinta- ja työturvallisuusohjeiden osaaminen sekä henkilönsuojainten käyttö materiaalien käsittelyssä, laitteiden käytössä ja huollossa.

Kappale 2: Ruiskuvaluun tutustuminen

Tutkinnon osan aiheeseen liittyen tutustu ja vastaa kysymyksiin.

Opiskelijoita opastetaan valmistusmenetelmän ja sanaston käyttöön, miten muovimateriaalit saadaan granulaateista kappaleiksi.

MENETELMÄ

1. Muodostan oletuksen
2. Muodostan säännön
3. Hyväksytän sen opettajalla
4. Esitän tulokset ja tulkitseen niitä
5. Hyväksyn/hylkään oletuksen
6. Vastaan kysymykseen

On hyvä hakea monipuolisista lähdemateriaaleista tietoa. Lähteen nimi tulee esittää.

Tyypillisiä ruiskuvaluttuja tuotteita

Kysymys 1

Katso ympärillesi, missä kaikkialla näet muovisia tuotteita?

Luettele ainakin 10 tyypillistä muovituotetta. Mitkä näistä tuotteista ovat massatuotantoa?

Kysymys 2

Ruiskuvalumenetelmä sopii usein massatuotantoon.

Mitä etua saadaan massatuotannosta, voit hyödyntää kuvia?

On tarkoitus löytää paljon esimerkkejä. Opasta katsomaan ympärille, kriteereitä esim. suuret määrät, alhaisimmat kustannukset, tasainen laatu, standardointi, maailmanlaajuinen jakelu.

Ruiskuvalumenetelmä

Kysymys 3

Etsi useita ruiskuvalukoneiden valmistajien nimiä joko ympäristöstäsi tai verkosta.

Mitä lisäelementtejä tuotannolliseen toimintaan tarvitaan ruiskuvalukoneeseen liitettynä? Laadi niiden nimistä luettelo.

Kysymys 4

Minkä kokoinen on ruiskuvalukone? Tarkastele vastauksena kahta alla olevaa tehtävää.

1. Millaisia ovat koneen mitat ja massat, entä millä yksiköillä ne ilmaistaan?

- kuinka paljon tilaa tarvitaan, suuri tai pieni ruiskuvalukone
- laitteiden kokonaisuudessa, voimavaikutus ($F=ma$) oheislaitteineen, kuten kuivuri tai robotti

2. Mikä on ruiskuvalukoneen koko tonneina, sulkuvoima?

Esitä vastauksena ”tuote – sulkuvoima” -pareja (esimerkiksi: kuppi – 40 t)

Voit käyttää tiedon hakuun esimerkiksi PlasticPortal.eu, oman ympäristön koneiden manuaaleja, lukuisien konevalmistajien kotisivuja kuten Arburg, Battenfeld, Engel, KraussMaffei.

VOIMA	TUOTE
3- 68 Ton Injection Moulding Clamping force	small parts weighting max about 100 g
5- 123 Ton Injection Moulding Clamping force	
5- 154 Ton Injection Moulding Clamping force	
5- 202 Ton Injection Moulding Clamping force	
5- 233 Ton Injection Moulding Clamping force	
4- 400 Ton Injection Moulding Clamping force	

Tiedon hallinta

Valmistusta valvotaan monista eri syistä. Laatu on yksi tavoitteista, myös koko tuotantoympäristössä voi olla erityisiä vaatimuksia. Laatu luodaan oikein valitulla työskentelytavalla.

Laatu on usein visuaalista, sitä on mahdollista tuntea ja se voidaan mitata ja laskea numeroina.

Teknisillä sovelluksilla on mahdollista saada seuranta laadun takaamiseksi, esimerkiksi tuotannonohjausyksiköiden älykkäät ohjelmat, jotka keräävät tietoa, analysoivat sen ja kouluttavat sitten ohjausjärjestelmiä. Tuotannon seuraamiseksi on pystyttävä lukemaan nämä tiedot. Fysikaaliset tiedot on tärkeää ymmärtää, kuten lämpötila, paine, virtausnopeus jne.

Graafisten kuvien lähde kysymyksiin 5 ja 6 : <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41114/Samson%20Teklehaimanot%20Final%20Thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kysymys 5

Fysikaaliset yksiköt ovat tärkeitä ruiskupuristuksessa.

Euroopassa käytetään kansainvälistä SI-yksikköjärjestelmää.

Alla olevassa taulukossa joissakin yksiköissä ovat etuliitteitä. Mitä etuliitteet tarkoittavat?

Ovatko taulukon yksiköt suurempia kuin ilman etuliitettä?

Etuliitteet	kilo = 10^3	laskutehtäviä esimerkiksi poikkipinta-alasta, kun kappaleen halkaisija on 3 cm, yksikkömuunnoksia 100 mm/s arvoon km/h, sekä laskuja paineesta esimerkiksi kilogramma yhden neliösenttimetrin alueella ja sitä verrataan ruiskuvalukoneen puristusvoimiin.
	milli = $10^{-3} = \frac{1}{10^3}$	

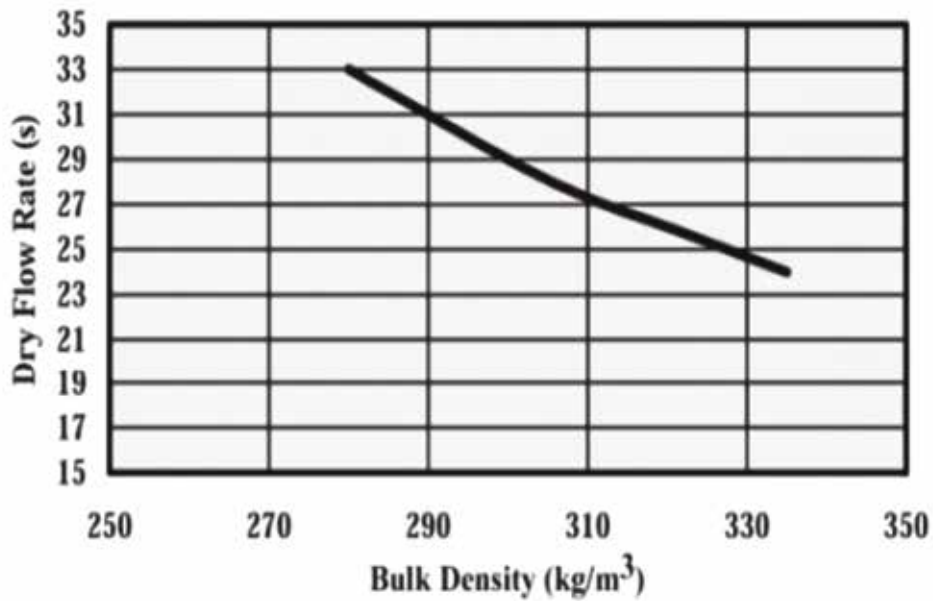
Injection moulding process parameter for varying injection pressure

No.	Machine Parameters	Unit	Amount
1	Screw diameter	mm	30
2	Injection speed	mm/s	100
3	Nozzle temperature	°C	230
4	Clamping force	kN	500
5	Cooling time	s	20
6	Maximum injection time	s	3
7	Plasticizing stroke	mm	50

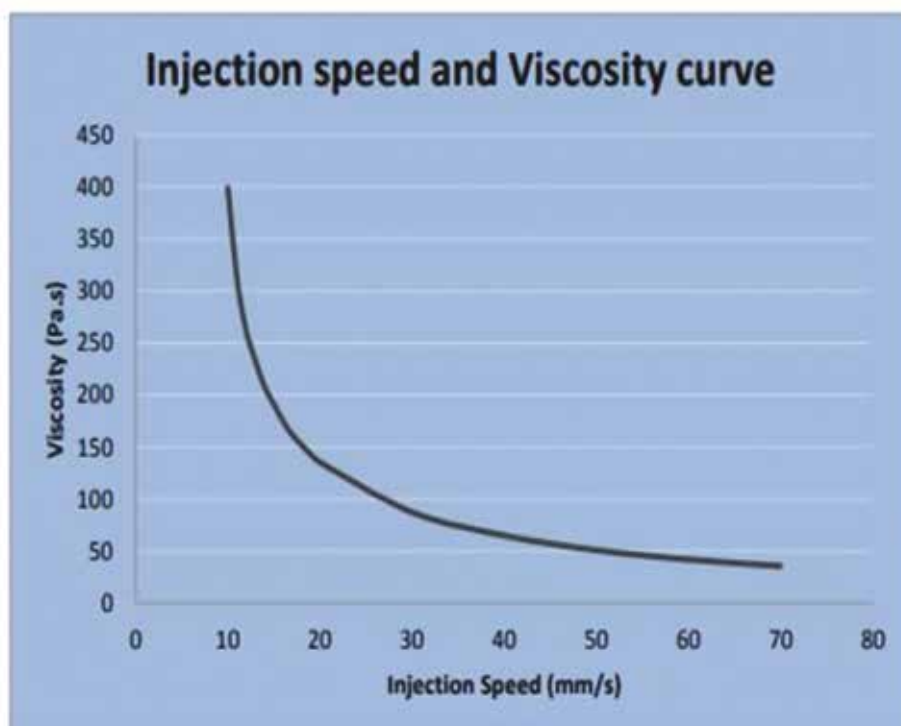
Kysymys 6

Mitä tietoa alla olevista kaavioista löytyy? Kuvaile yksiköitä.

$Bulk\ density\ (kg/m^3) = Dry\ weight\ (kg) / volume\ (m^3)$



Variation of dry flow rate with bulk density for rotomolding powders (Crawford and Throne, 2002)



Graph of Injection speed and viscosity curve for practical injection

Tyypillisiä polymeerejä

Kysymys 7

Mitkä polymeerit soveltuvat ruiskuvaluun?

Onko paikallista polymeerituotantoa? Jos ei, etsi lähimpänä olevia valmistajia?

Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

Kun olet katsonut ruiskuvalua käsittelevän videon, vastaa kappaleen kysymyksiin tutustumalla myös muuhun aihetta käsittelevään materiaaliin (internet, artikkelit, kirjat,..) tiedon lisäämiseksi.

Katso ruiskuvalun perusteita käsittelevä opetusvideo, internetissä on paljon videoita.

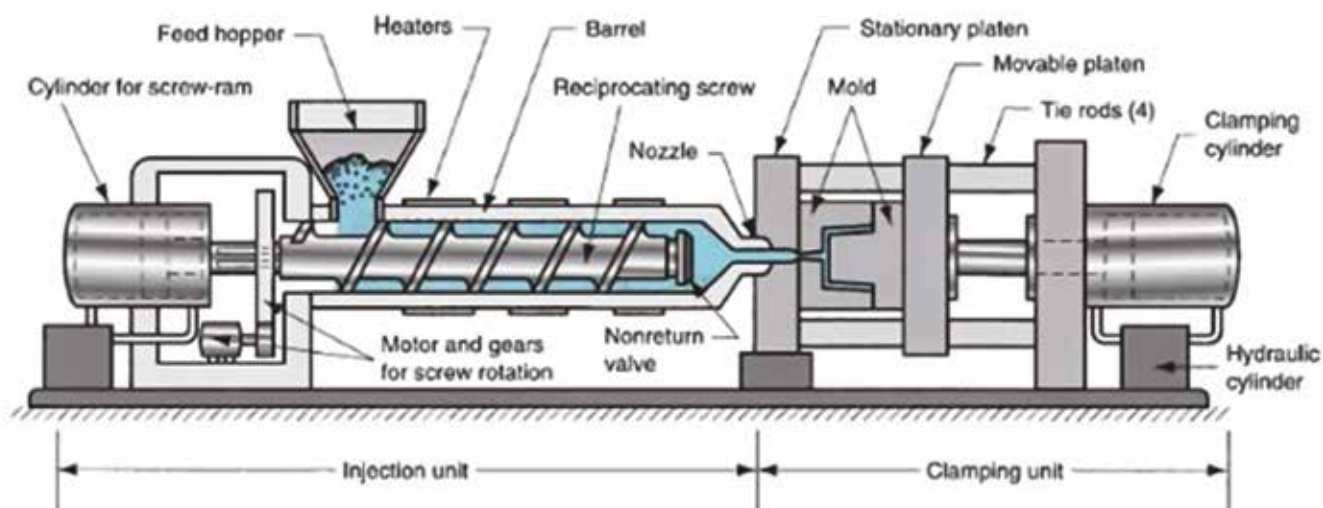
Hyvä haku 5-10 minuutin videoihin voi olla esimerkiksi "Injection moulding for beginners".

Huomioi, että usein englanninkielinen hakusana antaa paljon vaihtoehtoja, kirjoitusasuerona voi havaita, brittitermin moulding ja amerikkalaisen termin mold.

3.1 Koneen osat

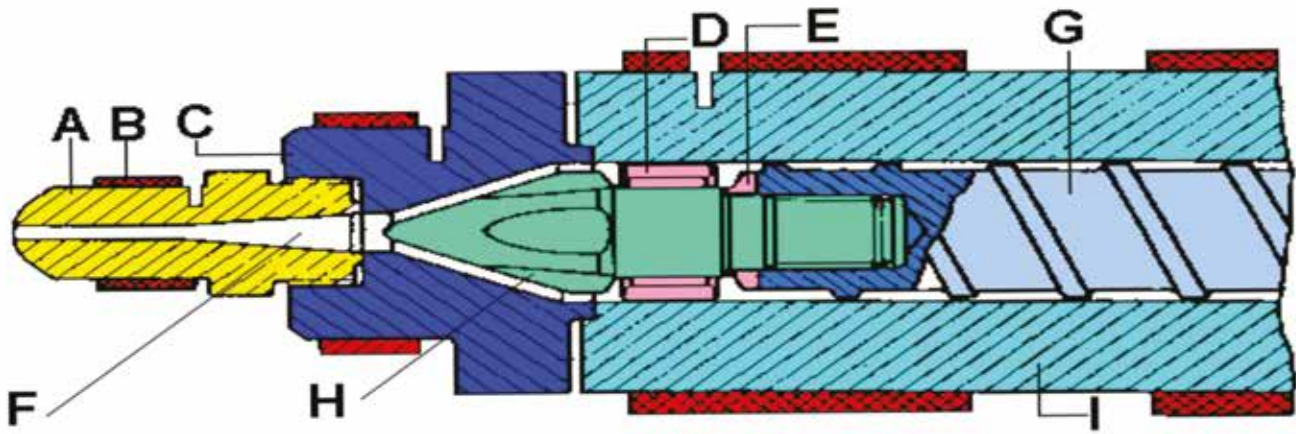
Yhdistä alla olevan kaavion nuolien osoittamat ruiskuvalukoneen osat luetteloon käyttä lähdemateriaaleina videoita, kirjaa tai verkkosivustoa, jossa nimetään ruiskupuristuskoneen pääosat

Lähde: free picture https://miro.medium.com/max/696/0*z1mlUwaw2k90JJgP.png



1. ohjauksyksikkö	7. ruuvin pyöritysmoottori ja vaihde
2. sulkuyksikkö	8. sulatussylinderi
3. hydraulinen sulkusylinderi	9. kierukkaruuvi
4. granulaattisuppilo, hopperi	10. suutin
5. muotti	11. sulkurengas
6. lämpövastukset	12. johtimet

Sulaan polymeeriin kosketuksessa olevat kohdat on osoitettu alla kuvassa. Osat ovat rakenteiden sisällä, joten niitä ei pääse näkemään koneen käynnin aikana. Osat vaikuttavat kuitenkin olennaisesti ruiskuvalun onnistumiseen.

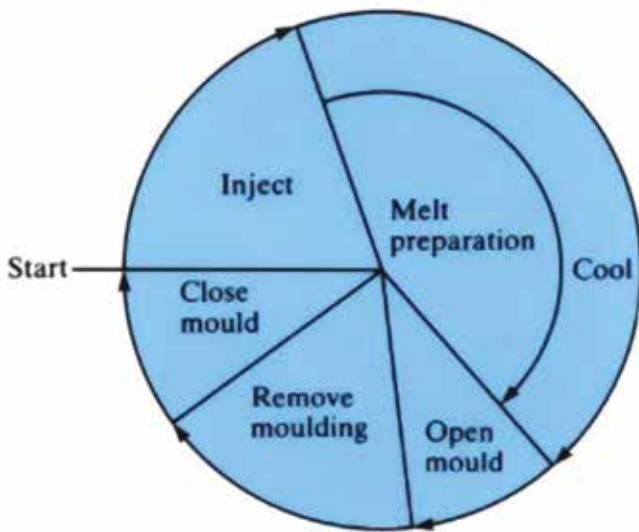


Tunnista alla olevan kuvan kirjaimia vastaavat osien nimet.

Vastaukset:

A	
B	Lämpövastukset, Heater bands
C	
D	
E	
F	
G	
H	
I	

3.2 Ruiskuvalun jaksoon, sykliin tutustuminen



Ruiskuvaluperiaatteen tarkan ymmärtämisen kannalta on ensin ymmärrettävä ruiskuvaluprosessin jakson perusteet. Minkä nimisiä jaksoja syklissä on?

Ajoarvot asetetaan aluksi manuaalisesti. Selvitä aloitustoimet ennen automaattisen jakson käyttöönottoa.

Lähde: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/injectionmoulding>

Vastaukset: Ruiskuvalukoneen valmius, tarkastus ennen tuotannon aloitusta

1.	työturvallisuustarkastus,
2.	muotin avaus
3.	
4.	
5.	

Edellisen tehtävän avulla nimeä yksityiskohtaisesti ruiskuvalusyklin toiminnan jaksot.

Vastaukset: ruiskuvalun sykli

1.	muotin sulkeminen
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	

Syklin lopuksi muotti on auki.

3.3 Materiaaleihin tutustuminen

Plastics can easily be moulded into complex shapes, allowing other materials to be integrated into plastic products, and making them ideal for a wide range of functions. Furthermore, if the physical properties of a given plastic do not quite meet the specified requirements, its balance of properties can be modified with the addition of reinforcing fillers, colours, foaming agents, flame retardants, plasticisers etc., to meet the demands of the specific application. In principle, plastics can be developed with virtually any combination of properties to accommodate almost any application you can think of.

Lähde: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>

Hae tietoa ruiskuvalussa käytetyistä raaka-aineista. Käytä esimerkiksi edellä mainittuja lähteitä tai muuta oppimateriaalia. Erittäin hyvää materiaalia löytyy kemikaalien toimittajien verkkosivustoista.

Nimi, eränumero, toimittaja/valmistaja:

Polymeerigranulaatin koko, muoto, poikkileikkaus:

Mitä lisäaineita granulaattiin voidaan sekoittaa?

Mistä syystä lisäaineita voidaan tarvita?

3.4 Muoviraaka-aineen käsittely

Selvitä raaka-aineen toimitusketju varastoon ja varastosta granulaattisuppiloon. Nimeä siirtämisessä käytetyt laitteet ja siirrettävä yksikkö.

Ruiskupuristusprosessi saatetaan käyttää tonneittain päivässä. Hyvä käsittelyn hallinta on tärkeää. Puh-
taudesta, hygieniasta ja tehokkuudesta tulisi huolehtia samanaikaisesti. Sertifikaatit, kuten ISO 9000,
vaativat ja tarjoavat ohjeita materiaalin käsittelyyn.

Muovituotteiden valmistuksessa käytettäviä materiaaleja kuljetetaan usein pitkiä matkoja eri reiteillä.
Ruiskuvaluprosessissa käytetyt kestumuovit ovat yleisimmin rakeina. Prosessoitavuuden parantami-
seksi rakeet ovat muodoltaan pisaroita tai langasta leikattuja kappaleita, halkaisijaltaan noin 3 milli-
metriä. Kiinteämuotoinen polymeeri, joka toimitetaan tehtaalle ruiskuvalua varten, voi olla myös hie-
nona jauhemuotona. Kumielastomeerit toimitetaan usein varastoon lavoilla pitkänä nauhana, jonka

lopullinen leveys voi vaihdella muutamasta senttimetristä yli metriin. Polymeerit, kestopuovut ja ker-
tamuovut toimitetaan käyttövalmiina. Niitä toimitetaan säkkeinä, pusseina, tynnyreinä, suursäkkeinä
tai irtotavarana. Säkkeihin pakattu materiaali on helpompi käsitellä, mutta irtotavaroimitus voi olla
tehokkaampaa. Työturvallisuuden vuoksi henkilönostoissa säkkien vakiokoko on 20-25 kg. Säkit on val-
mistettu muovista tai voimapaperista, jossa on kerros polyeteenikalvoa. Säkit ovat joko kuumasaumat-
tuja tai ommeltuja molemmista päistä.

Eri polymeerijakeet voivat olla samanlaisissa pakkauksissa. Toimittajan tiedot, materiaalityyppi, eränu-
mero ja muut tiedot on painettu pakkaukseen. Tarkkuus on materiaalinkäsittelyssä välttämätöntä käyt-
tövirheiden välttämiseksi. Kun säkit avataan, on varmistettava, että pakkausmateriaalia ei pääse materi-
aalin syöttöjärjestelmään tai paikallisesti suppiloon muovimateriaalin kanssa; Hyvä käytäntö on pyyhkiä
säkit puhtaiksi ennen ylösalaisin kääntämistä tyhjennyksessä, näin pölyä ja likaa ei pääse polymeerin
mukaan.

Etsi tietoa, miten eri materiaaleja voidaan varastoida. Mitä on huomioitava?

Nimeä mahdollisia syöttötapoja varastointipaikasta ruiskuvalukoneen suppiloon.

Millaisia syöttömäärät voivat olla esimerkiksi tunnissa?

Huomioi

Lämpötilan säätö ruiskuvalukoneella tapahtuu usein jaksoittain!

Käytä polymeerien sulalämpötilaan ja paineeseen tutustumiseen polymeerien teknisiä ohjeita.

**Kuvaile elementit, joiden läpi sulanut polymeeri kulkee ruiskuvalussa. Millaisia
asetuslämpötiloja käytetään?**

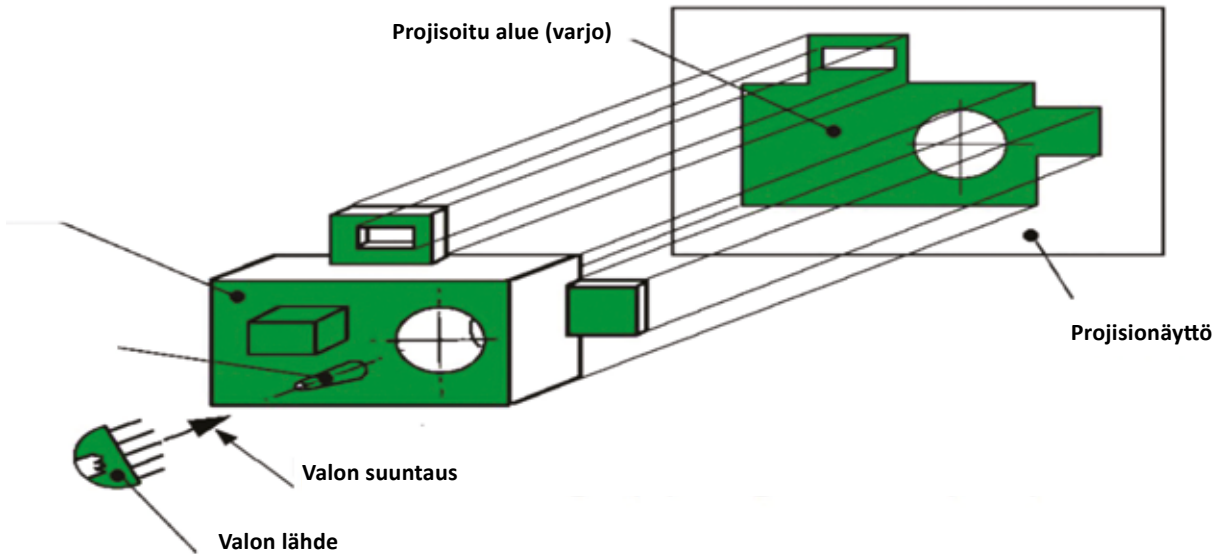
Ruiskuvalun aikana tulee seurata, että lämpö- ja paineasetukset toteutuvat.

Löytyvätkö tavoitearvot ruiskuvaluprosessin tietoina?

3.6 Valmistettavan kappaleen projisioalueen määrittely

Projisoitu alue vastaa valmistetun osan varjoa, joka heijastetaan tasaiselle pinnalle, ja osan kokonaispinta-ala voidaan laskea. Alla olevassa esimerkissä voit tunnistaa 3 erilaista aluetta ja vähentää levyn alueen käyttämällä yhtä niistä.

Tässä yksinkertaisen geometrian pinta-ala lasketaan kertomalla pituus ja leveys.



3.7 Sulkuvoiman laskeminen

Sulkuvoima eli paineen aikaansaamiseen voima, joka tarvitaan molempien muotin puoliskojen pitämiseen kiinni ruiskutuksen aikana.

Huomioi: Jos tätä painetta ei ole asetettu tarpeeksi korkeaksi, muotti voi avautua ennenaikaisesti ruiskutuspaineen pakottamana ja aiheuttaa valettavaan kappaleeseen purseen.

Tämä voima riippuu kahdesta parametrasta:

1. Materiaalin paine muotin sisällä ruiskutuksen aikana
2. Valmistettavan osan pinta-ala

$$F = P \times S$$

- ➡ The force F is expressed in **daN (10 x 1 Newton)**
- ➡ The pressure P is set about **400 bars** (relatively low injection pressure)
- ➡ The projected area S must be expressed in **cm²**

Example : You must manufacture a \varnothing 35 mm flange (round cylinder). The pressure inside the mould is 400 bar.

Question : How high is the clamping Force?

Answer : $A = \pi r^2$
 $r = d/2$
 $P = F/A \Rightarrow F = PA$

$$r = 35 \text{ mm} / 2 = 3,5 \text{ cm} / 2$$

$$\pi = 3,14$$

$$\text{bar} = 0,1 \text{ MPa} \Rightarrow 100 \text{ kPa} \text{ (it is like } 1 \text{ kg/cm}^2 \text{) } 100 \times 1000 \text{ N/m}^2$$

$$\text{bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = \text{daN/cm}^2$$

$$400 \text{ bar} = 400 \text{ daN/cm}^2$$

$$F = 400 \text{ daN/cm}^2 \times (\pi \times 1,75^2) \text{ cm}^2$$

$$F = 3846 \text{ daN}$$

$$F \approx 40 \text{ kN}$$

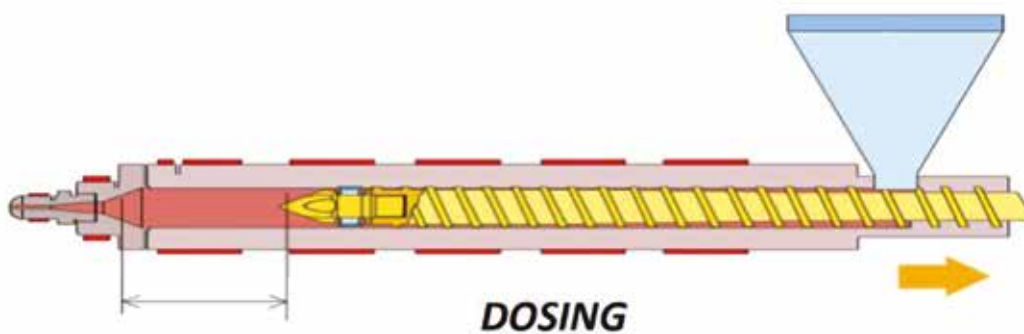
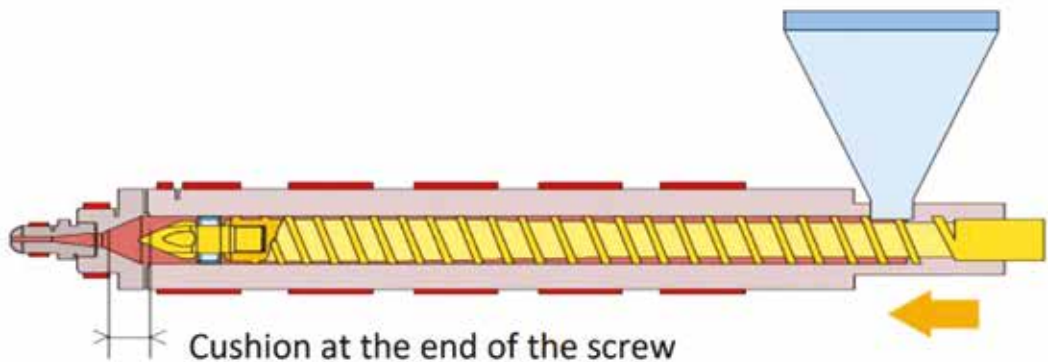
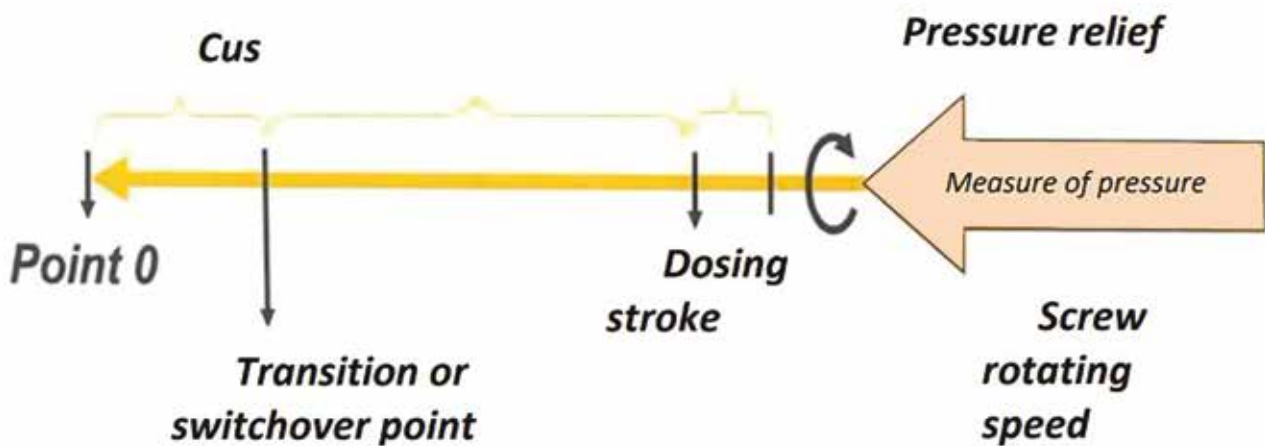
The clamping force is often changed to kg-unit and in this case, it is 4 Tonnes.
 (40 kN -> 40 000 kgm/s² divides with ~ 10 m/s²)

Halutessasi kokeile, harjoittele laskemista ja vertaa tulostasi olemassa olevaan tilanteeseen.

3.8 Annostuksen ja jälkipaineen vaatiman annoslisän, tyynyn laskeminen

Kuvien esittämällä logiikalla on mahdollista käyttää matemaattisia malleja ja laskea prosessiparametrit.

Tutki seuraavia esimerkkejä:



1. Epätarkka menetelmä

pieni annos → lisäys tarpeen mukaan lopulliseen kappaleen vaatimaan määrään

2. Laskemalla tilavuusvirtaus

Kun tiedetään osan (osien) ja suuttimeen jäävän valutapin kokonaismassa m ja materiaali tiheys (kg / m^3) $20\text{ }^\circ\text{C}$: ssa, voidaan määrittää V_{inj} ruiskutettava tilavuus seuraavalla kaavalla:

$$V_{inj} = m / \rho$$

a) V_{inj} syöttötilavuus (cm^3)

b) m syötön massa (g).

c) ρ tiheys (prosessi lämpötilassa)

Annoskoon SS laskeminen:

$$SS = V_{inj} / S_{sc}$$

a) SS annosmitta (mm)

b) V_{inj} syöttötilavuus (cm^3)

c) S_{sc} ruuvien pinta-ala (cm^2)

Lopuksi, jakson annos DC voidaan laskea:

$$DC = SS + P_{com}$$

a) DC jakson annos (mm)

b) SS ruiskutusannos (mm)

c) P_{com} syötön lopetuskohta (mm)

Tyyny, sulan polymeerin varamääränä on tärkeä.

Materiaalin määrä ruuvien päässä ruiskutuksen jälkeen:

- Välittää ruuvien pitopaineen
- Kompensoi pieniä tilavuuden muutoksia
- On lämpöä eristävä
- Kiinnittää valutapin, normaalisti asetuksena $0,1 \times$ annospituus, mutta jos annos on pieni (5-10 mm), tyyny ei välttämättä riitä

Kappale 4: Käytännön tehtäviä

(käytössä olevan laitteiston mukaan)

Tuotantolaitteistolla työskentely

Materiaali: oman kielialueen materiaalia, esim. kirja tai e-materiaali esim. haulla ”for dummies” tai ”ruiskuvalu harjoituksia”

Tavoite: Ruiskuvaluprosessin jakson ymmärrys

Tehtävä 1: Ruiskuvalutuotannon seuraaminen

Aihe:

Mitkä ovat käytössä olevien laitteiden perustoiminnot ja käytön ohjaimet?

Seuraa ja selvitä luettelon mukaan ruiskuvaluprosessin eri toiminnot.

- materiaalin valmistelu, kuivaus mukaan lukien
- muotin lämpötilan tuotantovalmius ja lämmönsäätö
- oikean ohjelmasyklin valitseminen
- ruuvisylinterin lämmitys
- suuttimen läpi kulkevan sulan polymeerin tarkastus
- muotin sulkeminen
- materiaalin ruiskutus
- pitopaine ja jäähdytys, uuden annoksen sulattaminen
- muotin avaus, ulostyöntötappien toiminta
- laadun tarkistaminen
- jatkotoimista päättäminen

Onko prosessissa muita toimintoja?

Tehtävä 2: Paikallisten valutoimintojen harjoitus

Materiaali: ammattilaisen työn seuraaminen, muotti, oman kielialueen materiaalia, esim. kirja tai e-materiaali esim. haulla ”for dummies” tai ”ruiskuvalu harjoituksia”

Tavoite: laitteistoon, ohjeisiin, sääntöihin ja materiaaliin tutustuminen

Aihe 1:

Mitä pitää tietää ennen laitteiden käyttöä?

Ennen laitteella toimimista tulee olla perehdytetty ja tiedossa työterveys- ja työturvallisuustiedot ja muut työympäristöön liittyvät ohjeet.

Tutustu kaikkiin koneen osiin, muotti, ohjauslaitteet ja ohjauslaite.

Työssä käytettävään sanastoon, tuotenimiin ja käyttöohjeisiin on syytä kiinnittää huomiota.

Tutki muovattavaa ruiskuvalettavaa kappaletta ja tarkista laatukriteerit.

Hanki tietoa polymeeristä.

Tarkista ja varmista, että kaikki tiedot ovat voimassa.

Tehtävä 3: Ruiskuvalukoneen työkierron, syklin rakentaminen

Materiaali: ruiskuvalukone, -ohjelma, oman kielialueen materiaalia, esim. kirja tai e-materiaali esim. haulla "for dummies" tai "ruiskuvalu harjoituksia"

Tavoite: Ruiskuvaluprosessin jakson ymmärrys

Aihe 1:

Aloita muottitoimintojen tarkastelu automaatin kohdassa muotti kiinni, mitkä ovat jäähdytysajan asetukset (älä huomioi ruiskutusyksikköä tässä vaiheessa)

Automaattiohjattujen liikkeiden harjoittelussa voi olla:

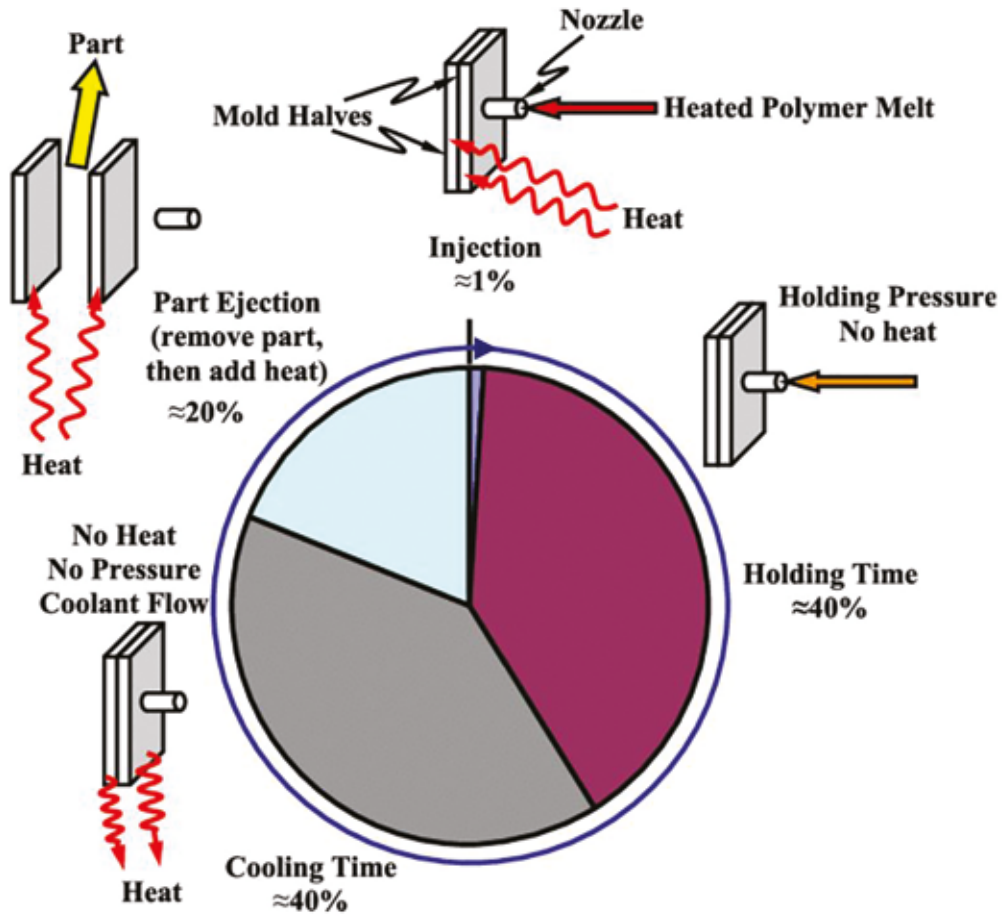
1. muotin sulkeminen
2. muotin paine
3. jäähdytysaika
4. muotin avaaminen
5. ulostyöntötapit ulos
6. ulostyöntötapit sisään

Aihe 2:

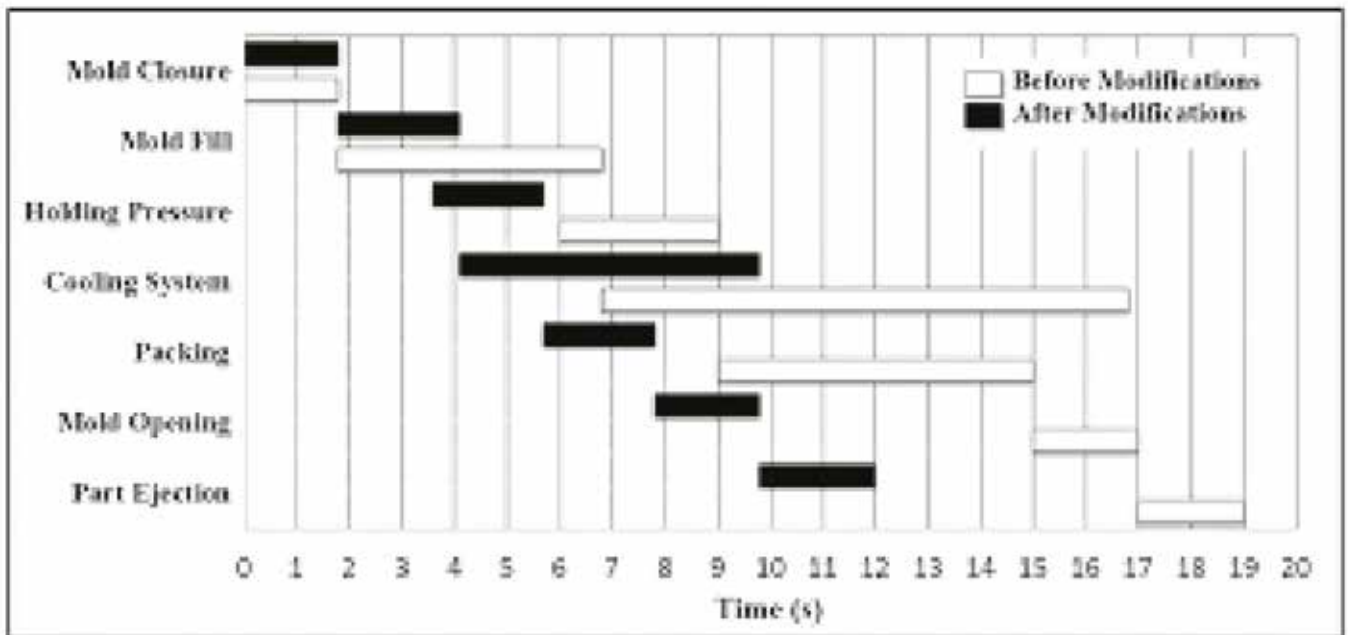
Työskenneltäessä useiden prosessisykliä kanssa on helpompaa käyttää esityksenä kaaviota, pystysuora prosessia ja vaakasuora aikaa varten.

Piirrä muottien prosessisyklistä kaaviot.

Tutustu lisää aiheeseen, kun samaa muottia käyttämällä eri polymeerejä prosessissa.



Lähde: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-the-injection-moulding-processpercentagevalues-indicate-the_fig3_228904685



Lähde: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQoZnorn3DaAMZTzGwVR2VuEtLOaTpDAoo715SjsgisdWDDLw&usqp=CAU>

Aihe 3:

Mitä on huomioitava koko ruiskuvalun työkierron ohjelmoinnissa?

Mitä tietoa saadaan ohjelmasta, historiatietoa, käyttötunnit ja niin edelleen?

Ohjelmointiyksiköt ovat erilaisia. Oleellista on tutustua käytössä olevaan, ohjelmointiyksikköön. Kysy käyttäjätunnuksia ja turvakoodeja, jos sinulla on oikeus saada ne. On ammattimaista tietää käytössä oleva tietokonesovellus, ohjelman nimi, sen tarjoamat ominaisuudet, liitännät apulaitteisiin jne. Ole kiinnostunut hankkimaan tietoa lisää!

Jos automaatioyksiköitä ei ole käytettävissä, hanki tietoa verkkosivustoista, esimerkiksi hakusanoina kuusiakselinen robotti. Erottele pystysuoraan sarakkeeseen ruiskuvalukoneen ja lisäosien nimet ja vaa-kaan niiden toiminnot.

Mitä muuta ohjausyksikössä löytyy, historiatietoa, käyttötunnit jne.?

Tehtävä 4. Polymeerin vaihtaminen

Materiaali: lupa työskennellä itse, polymeerien tekniset esitteet, muotti, ohjelma, useita polymeerjä

Tavoite: laitteiston ohjeet, työhygienia, toiminnan laatu

Aihe:

Miten polymeerin vaihtaminen tehdään?

Mitkä toimenpiteet tulee tehdä?

Kappale 5: Menetelmän teoriaa

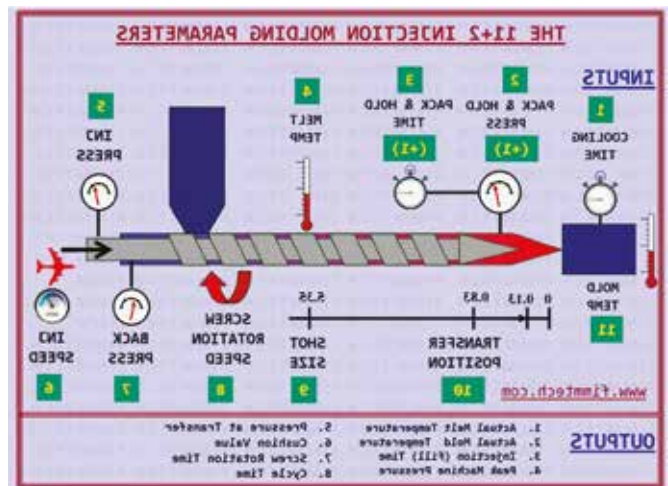
Esimerkkitapausten avulla menetelmiä ja hyviä käytänteitä.

1. Ruiskuvalukone

Sekä upouudet että vuosikymmeniä käytössä olleet laitteet ovat periaatteeltaan hyvin samanlaisia. Ohjelmointi rakentuu ja ohjaa samalla tavalla muoviprosessia. Ruiskuvaluun liittyvät muuttujat ovat samoja. Digiympäristö sen sijaan voi näyttäytyä hyvin erilaiselta. Ensimmäiseksi on huomioitava ympäristön turvallisuus. Prosessin ohjaus tehdään vaihe vaiheelta ohjausyksikössä.

Aseta ruiskuvalun muuttujat:

1. Aseta sylinteri-/sulalämpötilat
2. Aseta muotin lämpötilat
3. Aseta ruuvin pituutena annoskoko (mm)
4. Aseta kierukkaruuvien pyörimisnopeus
5. Aseta jälkipaine
6. Aseta ruiskutuspainetta;
7. Aseta ruiskutusnopeus
8. Aseta pitopaineaika
9. Aseta jäähdytysaika
10. Aseta muotti auki -aika
11. Lisää annosmäärää asteittain aina 95 % muotin tilavuudesta
12. Aseta muotin aukemismatka
13. Aseta ulostyöntötappien matkat ja nopeus
14. Aseta annosmäärä 99% muotin tilavuudesta
15. Lisää pitopainetta asteittain
16. Pyri löytämään lyhin pitoaika
17. Hae lyhin jäähdytysaika



2. Kuumakanavajärjestelmä

Kuumakanava on mahdollisesti erillisenä yksikkönä. Sen tehtävänä on pitää polymeeri pidempään sulatilaissa jopa lämmitettynä vielä muotissa. usein kuumakanavan käyttö perustuu laadunhallintaan. Sen avulla on mahdollista toteuttaa monimutkaisia valukappaleen muotoja, esimerkiksi useiden ruiskutus-suuttimien käyttö. Siihen liittyy myös haasteina erimerkiksi lisää hallittavaa teoriaa ja käyttökokemusta.

Käynnistä kuumakanavajärjestelmä, huomioi työturvallisuus ja ohjeet.

1. Ennen käyttöä järjestelmän on oltava kauttaaltaan lämmin vähintään 3-5 min
2. Ruiskutusyksikkö on kiinni muotissa syklin aikana
3. Termoelementin liitännät, virtajohto ja yhdyskaapelit
4. Varmistetaan vyöhykkeitä erikseen lämmittämällä (lyhyen aikaa), että lämpöpari ja yhteet ovat oikein
5. Oikean kuumakanavan tunnistamiseksi kiinnitä sen tyyppikilpi ja tilauksen numero näkyvästi muotin käyttäjän puolelle
6. Materiaalivalmistajan suosittama sula- ja muottilämpötila on hyvä huomioida



3. Värin vaihto-ohje

Start moulding with another colour or polymer;

1. Aloita valu uudella värillä tai polymeerityypillä.
2. Laske sylinterin lämpötilaa 20 - 40°C ja vaihda uuteen polymeeriin
3. Puhdista ensin kierukkaruuvi ja sitten kuumakanava
4. Kun noin 95 % aikaisempaa polymeeriä on korvattu uudella, nosta kuumakanavan lämpötilaa 30 - 50 °C ja jatka ajoa uudella polymeerillä niin kauan ettei värimuutosta ole havaittavissa. Ruiskutusnopeutta voi nostaa 10 - 20 %
5. Aseta lämpötila oikeaksi
6. Aloita tuotantovalu uudella polymeerillä



Huomioi: materiaalivalmistajan ohjeita tulee noudattaa!

Kappale 6: Muistilista

Ankkuroi edellisissä kohdissa hankittu tieto.

1. Ruiskuvalun muuttajat

Jos kyseessä on uusi tuote, eikä parametreistä ole paljon tietoa, on hyvä tapa noudattaa ohjeita:

1. Lämpötila: aseta sylinterin lämpötila matalaksi, niin että materiaalin vaurioituminen vältetään ja muotin lämpötila korkeaksi
2. Paine: ruiskutuspaineen, pitopaineen, vastapaineen tulisi olla alhainen, jotta ylitäyttö ei vahingoita muottia ja konetta
3. Sulkuvoima: asetetaan korkeaksi purseen ja materiaalivuodon välttämiseksi
4. Nopeus: aseta ruiskutusnopeus alhaiseksi; aseta ruuvien pyörimisnopeus alhaiseksi; aseta muotin avaus- / sulkemisnopeus aluksi hitaaksi; ruiskutustilavuus pieneksi;
5. Aika: Aseta ensin ruiskuvalukoneelle pitkä pitoaika (varmistaa, että suutin on kiinni); aseta ensin pitkä jäähdytysaika

2. Sulkuvoiman määrittely (tonneina)

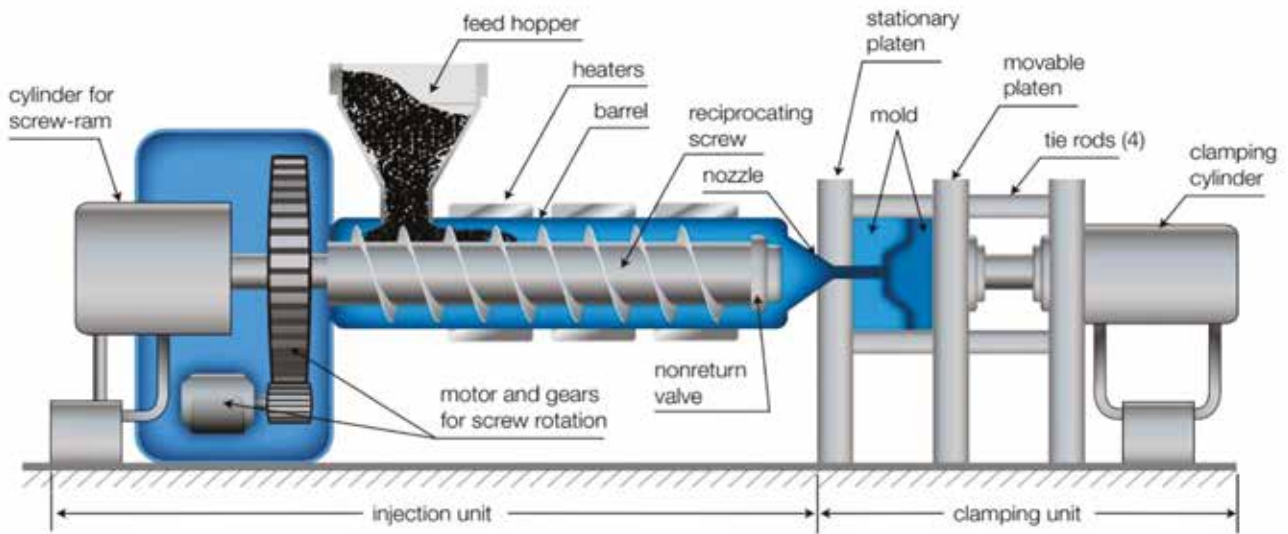
Ruiskuvaluprosessissa on määriteltävä sulkuvoima. Sillä tarkoitetaan voimaa, jolla muottia puristetaan kiinni, kun sulaa muovi ruiskutetaan muottiin.

Voima (N) = Paine (MPa) x pinta-ala (mm²) tai voima (N) = vakio (ton/cm²) x pinta-ala (cm²)

Table of the most common constants of different plastic material

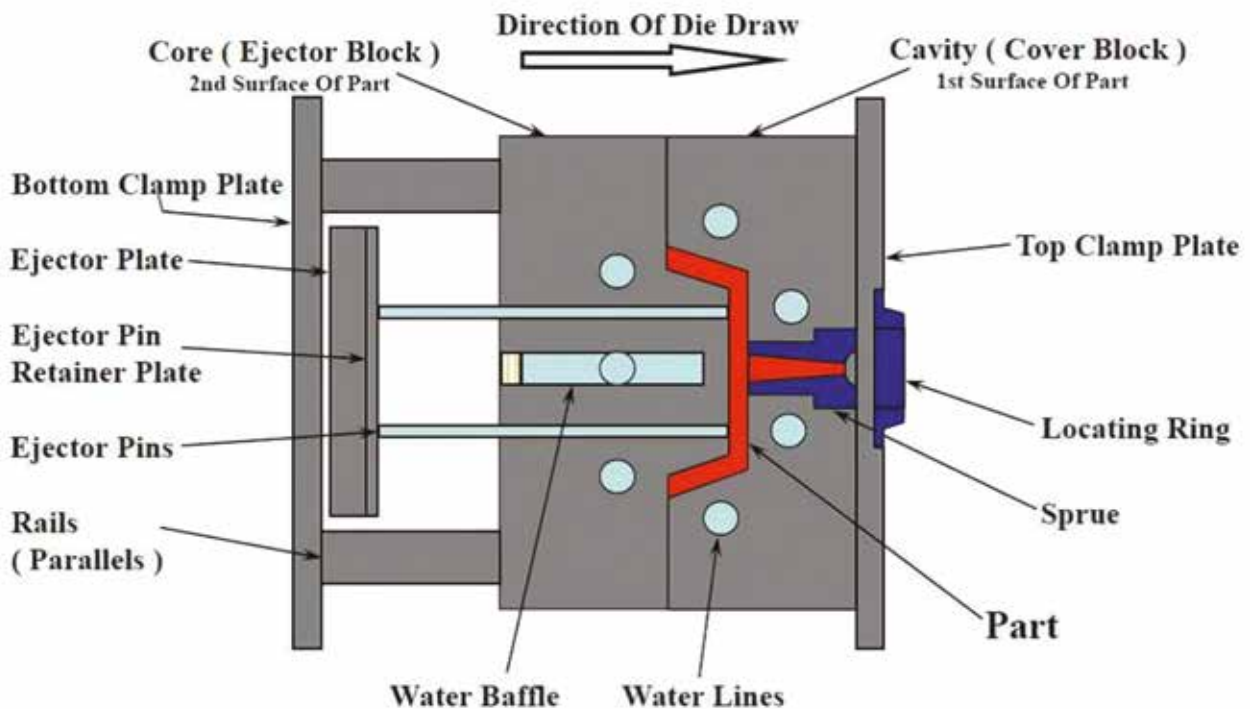
Polymeeri	PE	PP	PS	ABS	PA
Vaio (ton/cm ²)	0.32	0.32	0.32	0.32-0.48	0.64-0.72

3. Kestomuoveille tarkoitettun ruiskuvalukoneen rakenne

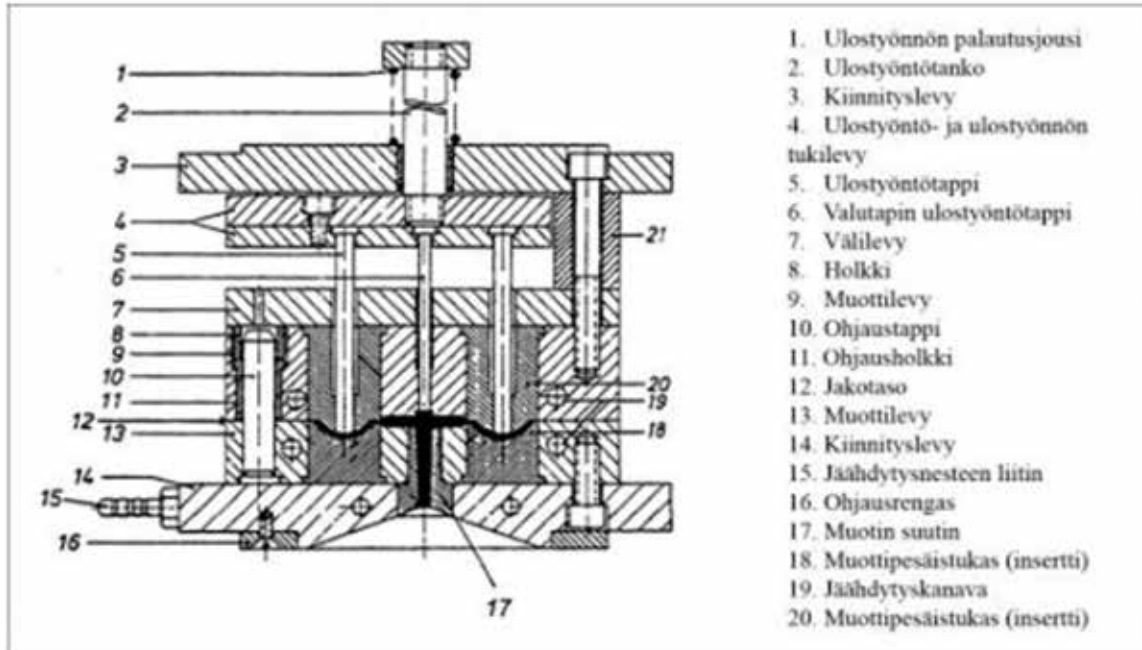


Lähde: <https://www.exxonmobilchemical.com>

4. Ruiskuvalumuotin rakenne

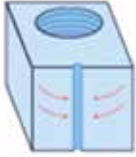






Lähde: Pixabay



Lähde: Järvelä, Syrjälä, Vastela: Ruiskuvalu, Tampere 2000

5. Yleisimpiä ruiskuvalutuotteisiin syntyviä virheitä

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Ratkaisut
 <p>Sink marks</p>	Imujälki (sink mark) aiheutuu paksumpien kohtien kutistumisesta ja ilmenee vetäytymisenä	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pinnan jäähtyminen liian hitaasti. 2. Riittämätön paine muotissa 3. Liian korkea lämpötila syöttöportilla 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiaalisyötön lisäys 2. Matalammat sylinterin lämmöt 3. Ruiskutusnopeuden lisäys 4. Matalampi muottilämpö 5. Syöttöportin avartaminen ja jakokanavan lyhennys
 <p>Weld lines</p>	Valusauma, pinta, jossa kaksi virtausrintamaa kohtaavat, ne ovat yleensä osan heikoin kohta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Heikko materiaaliin liittyminen 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materiaalin lämpötilan nosto estämään eriaikaista jähmettymistä 2. Ruiskutusnopeuden ja paineen nosto ettei jäähtymistä tapahdu ennen muotin täyttymistä 3. Vaihto materiaaliin, jolla sulamislämpötila tai viskositeetti on alhaisempi, jotta virtaus on nopeampaa ja ennenaikainen jäähtytys estetään.
 <p>Flow lines</p>	Virtausviivat, raitoja, kuvioita, pyörteitä tai viivoja, esiintyvät osan pinnalla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jäähtymisnopeuserot 2. Seinämien paksuuserot 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ruiskutusnopeuden, paineen ja materiaalin lämpötilän laskeminen; 2. Lisää muotin ja muottiportti etäisyyttä, jotta jäähtyminen tehostuu 3. Suurempi suuttimen halkaisija kasvattaa virtaumäärää
 <p>Flash</p>	Purse, ohut levy kappaleen ulkopuolella	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muotin suunnittelu, kuluma tai vaurio 2. Liian korkea muotin lämpötila tai ruiskutusaine 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sulkuvoiman lisäys, ettei materiaali löydä ulospääsyä muotista 2. Muotin lämmön säätö, syöttöpaine parantamaan materiaalin virtausta 3. Muotin uudelleen asennus tai työstö parantamaan muottipuoliskojen tiiviyttä
 <p>Burn marks</p>	Pinnan kuumeneminen niin että polymeeri hajoaa, palojälki	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ilmatasku 2. Polymeerin ominaisuus 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sulalämpötilan tai muotin lämmön lasku; 2. Materiaalin syöttönopeuden pienentäminen 3. Suurena kaasuaukkoja ja portteja
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Muuta portin paikkaa

Kappale 7: Harjoituksia

(voidaan myös käyttää arvioinnissa)

Tavoitteena on kehittää taitoja ja ammatillista osaamista

1. Ruiskuvalukoneen käyttäminen

Tarkista alla olevan listan mukaan:

Terveys ja turvallisuus	
Näytä koneen kaikki hätäpysäytykset	Pass/Fail
Tee koneella kattava turvatarkastus	Pass/Fail
Muotin asennus	
Varmista suuttimen puhtaus, puhdista se ja tarvittaessa vaihda	Pass/Fail
Tarkista vesiliitokset	Pass/Fail
Tarkista ohjausrenkaan koko	Pass/Fail
Asenna muotti turvallisesti	Pass/Fail
Yhdistä vesi, sulkusylinteri (jos käytössä)	Pass/Fail
Yhdistä kuumakanava (jos käytössä), muut laitteet (jos käytössä)	Pass/Fail
Yhdistä ulostyöntösystemi (jos käytössä)	Pass/Fail
Aset "nollakohdat" muotille ja ulostyöntäjille	Pass/Fail
Aseta muotin liikkeen muuttajat, turvallisuus huomioiden	Pass/Fail
Jätä työalue ja laitteet puhtaiksi, siisteiksi ja turvalliseen tilaan	Pass/Fail

Tuotannon aloitus

Aseta ruiskutusyksikkö	Pass/Fail
Aseta muotin ja ulostyöntäjien liikkeet	Pass/Fail
Valitse vaadittavat muovimateriaalit	Pass/Fail
Käynnistä sylinterin ja kuumakanavan lämmitykset vaatimusten mukaan	Pass/Fail
Aj muovia ulos suuttimelta turvallisesti sopivilla nopeudella ja paineella	Pass/Fail
Käynnistä tuotantocykli turvallisesti ja tehokkaasti	Pass/Fail
Seisota valuprosessin vaiheet	Pass/Fail

Laatu ja havainnointi

Tunnista tuotteista erilaisia virheitä. Selitä niiden todennäköinen syntymissyys ja mahdolliset korjaavat toimet	Pass/Fail
Aseta koneella valvontasysteemi oikein (määrä, laatu...)	Pass/Fail

Tuotannon lopetus

Lopeta tuotantocykli ja vaihda käyttötila	Pass/Fail
Pysäytä materiaalin syöttö sylinteriin	Pass/Fail
Poista sylinteriin jäänyt materiaali	Pass/Fail
Sammuta sylinterin ja kuumakanavan lämmitys	Pass/Fail

Muotin poisto

Valitse soveltuva työtila (paineen ja nopeuden säädöt)	Pass/Fail
Katkaise veden ja ilmansyöttö (jos käytössä)	Pass/Fail
Sulje muotti varovasti, hitaasti ja pienellä paineella	Pass/Fail
Työntötappien ja sulkusylinterin (jos käytössä) irtikytkentä	Pass/Fail
Oikea ja turvallinen käsityökalujen, nostimen ja lastaustilan käyttö	Pass/Fail
Turvallinen muotin poisto	Pass/Fail
Sammuta kone ja sähkösyöttö	Pass/Fail

2. Ruiskuvalukoneen kunnossapitorutiinit

Mitä kunnossapitotoimia tehdään työvuoron aikana ?

Mitä kunnossapito toimia muovituotelinjan hoitajan on hallittava viikoittain/ kuukausitasolla / hälytystilanteessa rutiinisti?

3. Jätteen hallinta

Kuinka paljon jätettä syntyy vuosittain tuotannosta, yksikkö voi olla joko prosentteina tai kg tai molemmat?

Materiaalin uudelleenkäyttö, selitä miten tuotannon sisällä / muille käyttäjille / loppusijoitukseen jätettä kulkee.

4. Terveys, turvallisuus ja ympäristö

Kemikaalien varastointi- ja käsittelyohjeet, selitä KTT-tiedot todellisista materiaaleista työalueellasi.

5. Yhteenveto

Tee itsearviointi, kuinka onnistut tämän jakson tehtävissä.

Tämä kohta on usein tärkein. Ole realistinen, havainnoi ja selvitä työympäristön vaatimuksia saavuttaaksesi ammattilaisten hyväksyntä ja luottamus.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

