



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging

Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.

Koulutuksen moduulit:

- Uudet materiaalit ja biomateriaalit
- **Ekologinen suunnittelu ja uudet valmistusprosessit**
 - Jätteen hallinta ja kierrätys
- Kansalaisten ja kuluttajien osallistaminen



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.



Sisällysluettelo

1. Ruiskuvalu

- a) Jäykkien pakkausten tuotantoprosessikuvaukset
- b) Ruiskuvalukoneet
- c) Ruiskuvalusyklin vaiheet
- d) Prosessiparametrit
- e) Ominaisuudet ja ruiskutusnopeuksien aiheuttamien virheiden analysointi



Muovipakkaukset

Muovipakkaukset ovat pakkauksia, jotka on pääosin valmistettu yhdestä tai useammasta muovimateriaalista riippumatta siitä, onko niiden raaka-aine fossiilista eli öljypohjaista, uusiutuvaa vai kierrätettyä. Jaottelu voidaan tehdä kahteen ryhmään:

- **Jäykät pakkaukset**, joiden ominaisuudet voidaan määrittää tietyn hyllyiän sekä muovatavuuden perusteella. Jäykkien pakkausten pääkomponentti on paksumpi kuin 300 µm. Tästä esimerkkejä ovat pullot, purkit, tölkit sekä tarjottimet.
- **Joustopakkaukset**, joissa usein yhdistetään ohuita materiaaleja, jotta saavutetaan halutut ominaisuudet elintarvike-, lääke-, hygienia-, kosmetiikkatuotteiden ominaisuuksien säilyttämiseksi ja tuotteiden suojaamiseksi. Joustopakkaukset toimivat myös tehokkaana viestintäalustana mahdollistaessaan painatukset.

Muovipakkauksia ovat myös

- **monimateriaalit**, jotka koostuvat monesta eri kalvosta useita materiaaleja, kuten muovi, alumiini ja paperi. Esimerkiksi jogurttipurkin kansi koostuu alumiinista ja muovikalvosta.
- **monomateriaali**, joka koostuu vain yhdestä materiaalista, esimerkiksi leipäpussi.



Jäykät pakkaukset

Pakkauksissa käytettävät muovimateriaalit lyhytikäisistä tuotteista pitkään säilyviin tuotteisiin. Muovisia pakkausmateriaaleja käytetään suojaamaan toisia muovijohdannaisia materiaaleja ja tuotteita.

Ilman pakkausta herkät elintarvikkeet, joilla on alhainen säilyvyysaika, ovat herkkiä lämpötilojen muutoksille. Lämpötilamuutokset voivat johtaa tuotteen pilaantumiseen ja toimivuuden alenemiseen. Nämä pakkaukset on suunniteltu ja valmistettu siten, että ilma tai pöly eivät läpäise pakkausta eivätkä pääse vaikuttamaan tuotteeseen.



Eri pakkaustyypit

Yleisimmät pakkaustyypit ja muovimateriaalit on lueteltu oheisessa taulukossa:

Polymeerityyppi	Esimerkkisovellus
Polyetyleenitereftalaatti	Juoma- ja vesipullot, salaattirasiat
Korkeatiheyksinen polyeteeni	Maitopullot, vöalkaisu- ja pesuaineet, useimmat shampoopullot
Polyvinyylidikloridi	Putket, sovittimet, ovien ja ikkunoiden karmit (jäykkä PVC). Lämmöneristeet (PVC-vaahdot) ja autonosat
Matalatiheyksinen polyeteeni	Ostos- ja roskapussit, pakkauskalvot
Polypropeeni	Margariinirasiat, mikronkestävät ateriarasiat, mattojen kuidut, tapeetit, ajoneuvojen verhoilut
Polystyreeni	Jugurttipurkit hampurilaisrasiat, munakennot, elektronikan ja lelujen suojapakkaukset, rakennuseristeet
Muut	Mitkä tahansa muut muovimateriaalit, jotka eivät kuulu yllä oleviin kategorioihin. Esim. Polykarbonaatti läpinäkyvissä ilmailuteollisuuden ratkaisuihin



Muovipakkausten hyödyt

Muovipakkausten valinassa painotettavia hyötyjä ovat:

- keveys
- kestävyys
- kierrätettävyys
- kustannustehokkuus
- monikäyttöisyys.



Muovipakkausten valmistusprosessit

- ✓ Ruiskutus on sopivin menetelmä pitkiin tuotantoajoihin (useita tuhansia). Yhden millimetrin tarkkuus mahdollistaa pakkauksen soveltuvuuden kaikkiin olemassa oleviin automaattiosysteemeihin. Mahdollistaa myös monimutkaisten muotojen valmistamisen isojen tai pienten asiakkaiden tarpeisiin: yhden kilon yksiköistä (pienet rasiat) huomattavasti painavampiin pakkauksiin (lavat ja lava-alustat).
- ✓ **LÄMPÖMUOVAUS** mahdollistaa monia erilaisia sovelluksia: Lämpömuovaaminen auttaa minimoimaan työkalukustannuksia, mahdollistaen keskisuuria tuotantoajoja ja myös monimutkaisia muotoja. Tuottaa erinomaisen iskulujuuden ja mahdollistaa tuotteelle pitkän eliniän, (jopa kymmenen vuotta).
- ✓ **EKSTRUUSIO** on matalien työkalukustannusten teknologia. Mahdollistaa niin lyhyet (muutama sata) kuin pitkät ajot (satoja tuhansia) sekä useiden materiaalien käytön ja monien muotojen valmistamisen asiakkaan tarpeisiin.



Ruiskuvalukone



Ruiskuvalukoneen osat

- Muottiyksikkö
- Ruiskutusyksikkö
- Hydrauliiikan säätöyksikkö
- Runko
- Säätöyksikkö



Muottiyksikkö

Muottiyksikön tehtävä on avata ja sulkea muotti, jota voidaan kutsua myös työkaluksi, ja pystyä poistamaan osa muotista.



Ruiskutusyksikkö

Ruiskutusyksikön tarkoitus on muovata kiinteät muovipelletit prosessoitaviksi ja ruiskuttaa sula muottiin halutun tuotteen muodostamiseksi.



Hydraulinen säätöyksikkö (hydraulic press)

Hydraulinen säätöyksikkö säätelee tarvittaessa hydraulioöljyn määrää kaikissa osissa.



Runko

Rungon tehtävä on vakauttaa kone kaikissa prosessin vaiheissa.



Ohjausyksikkö

Ohjausyksikkö auttaa ohjaamaan ruiskuvalukonetta ja toimii koneenhoitajan ja koneen välisenä rajapintana.



Muottiyksikön osat

➤ **Muottilevy:**

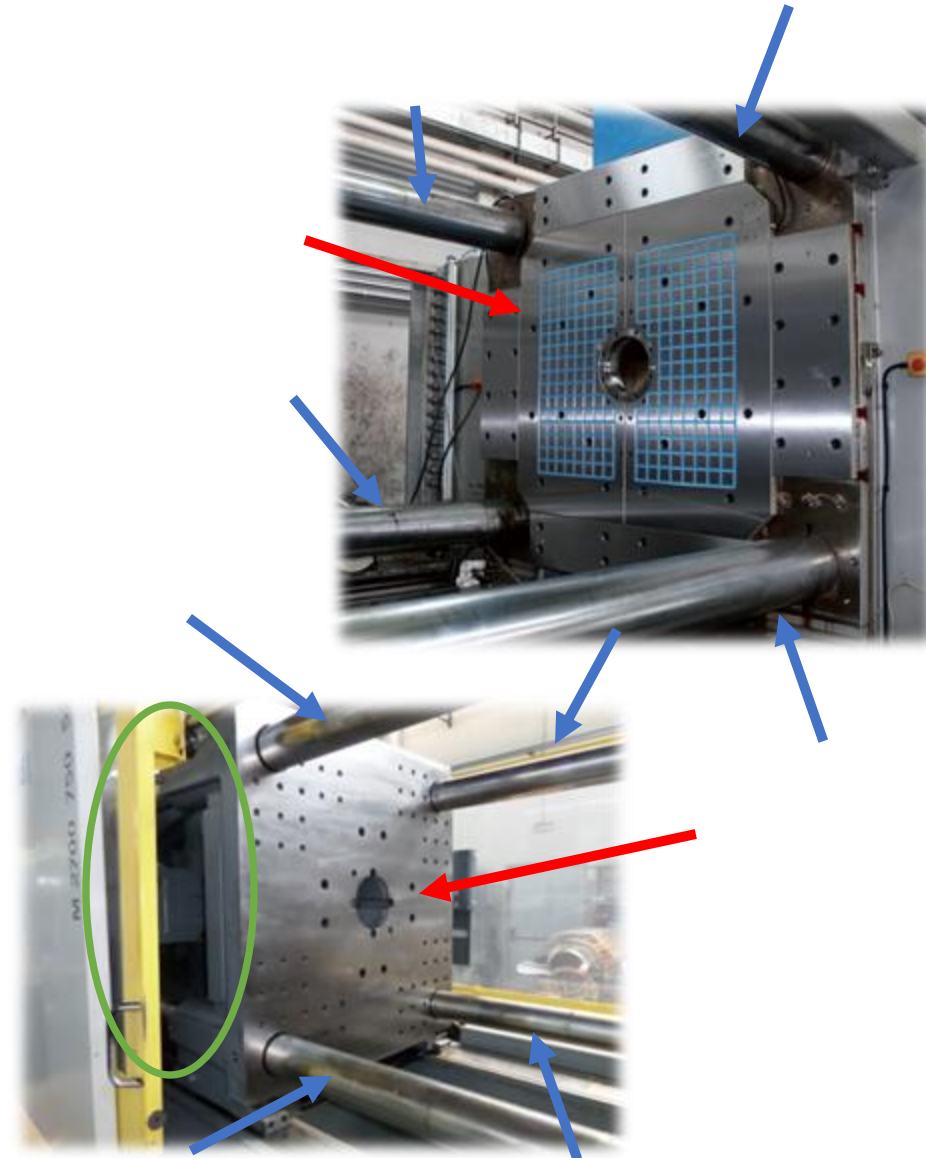
Vakaa ja liikkuva levy, johon muotti kiinnitetään.

➤ **Muotin ohjaustanko:**

Ohjaa muotin liikettä.

➤ **Sulkuyksikkö:**

Käytetään levyn liikuttamiseen sekä luomaan puristusvoima, jolla muotti pysyy kiinni.



Muottiyksikön tehtävät:

- 1) avata ja sulkea muotin puolikkaat mahdollisimman nopeasti
- 2) kehittää avausvoima ja säätää painetta materiaalin ruiskutuksen aikana.

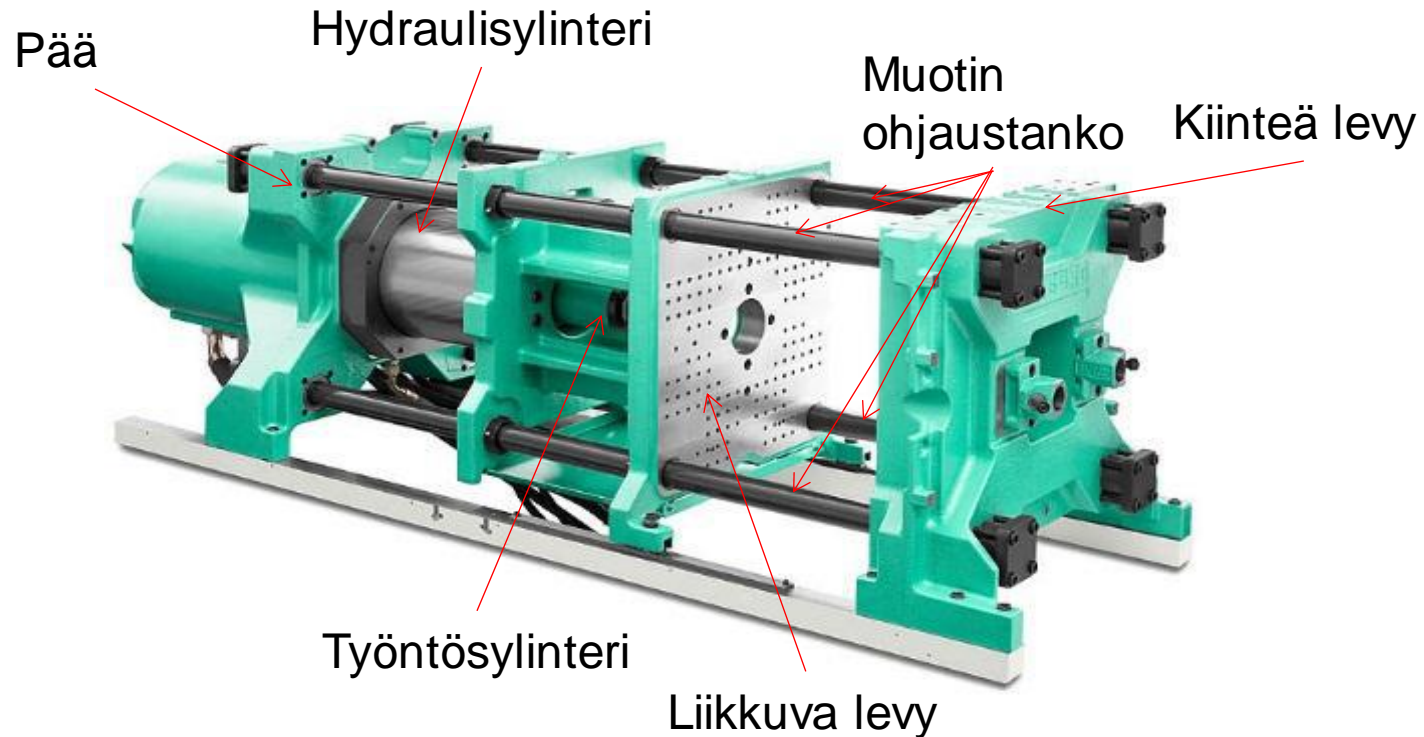
Pääyksikkö muotissa

- 1) Hydraulinen sylinteri
- 2) Säätyyksikkö
(hydraulinen/sähköinen)



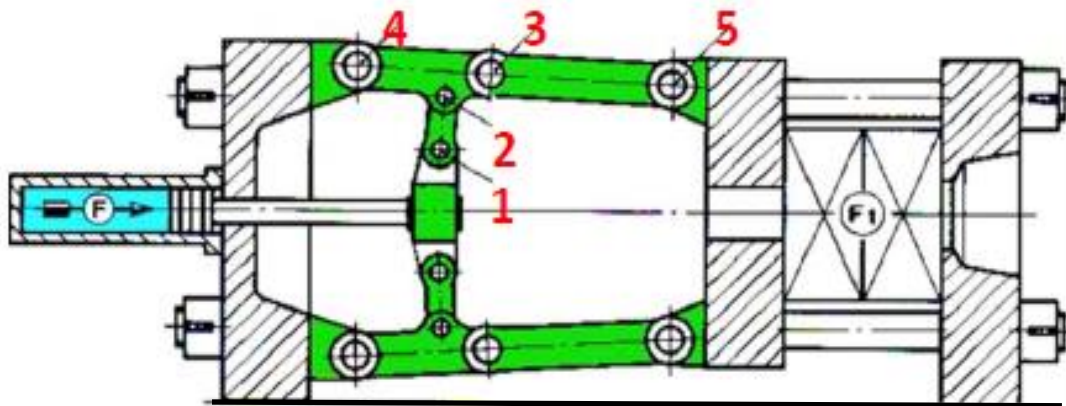
Sylinteri (hydraulinen)

Yksinkertainen menetelmä liikuttaa levyä on asentaa hydraulinen sylinteri liikkuvan levyn ja pään väliin. Tällöin sylinteri liikkuu ja liikuttaa samalla levyä, jolloin kehittyy puristusvoima, jolla muotti pysyy kiinni.



Säätönivel (double with 5 points)

Se on valmistettu kahdesta vivusta, jotka on kytketty toisiinsa ja levyihin saranoiden ja keskisaranaan vaikuttavan tunkin avulla.



Clamp Controls

- **Clamp force**
- **Clamp closing and opening speeds**
- **High and low pressure during mold closing and lock-up**

Muottiyksikön ohjaus



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

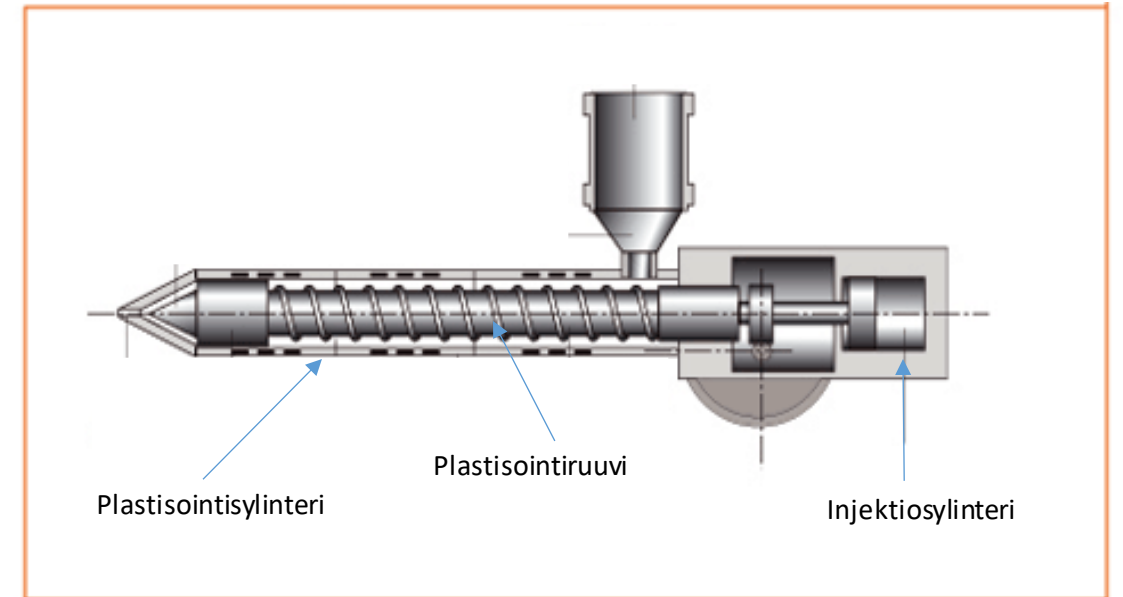
Ruiskutusyksikön osat

Ruiskutusyksikkö koostuu kolmesta osasta:

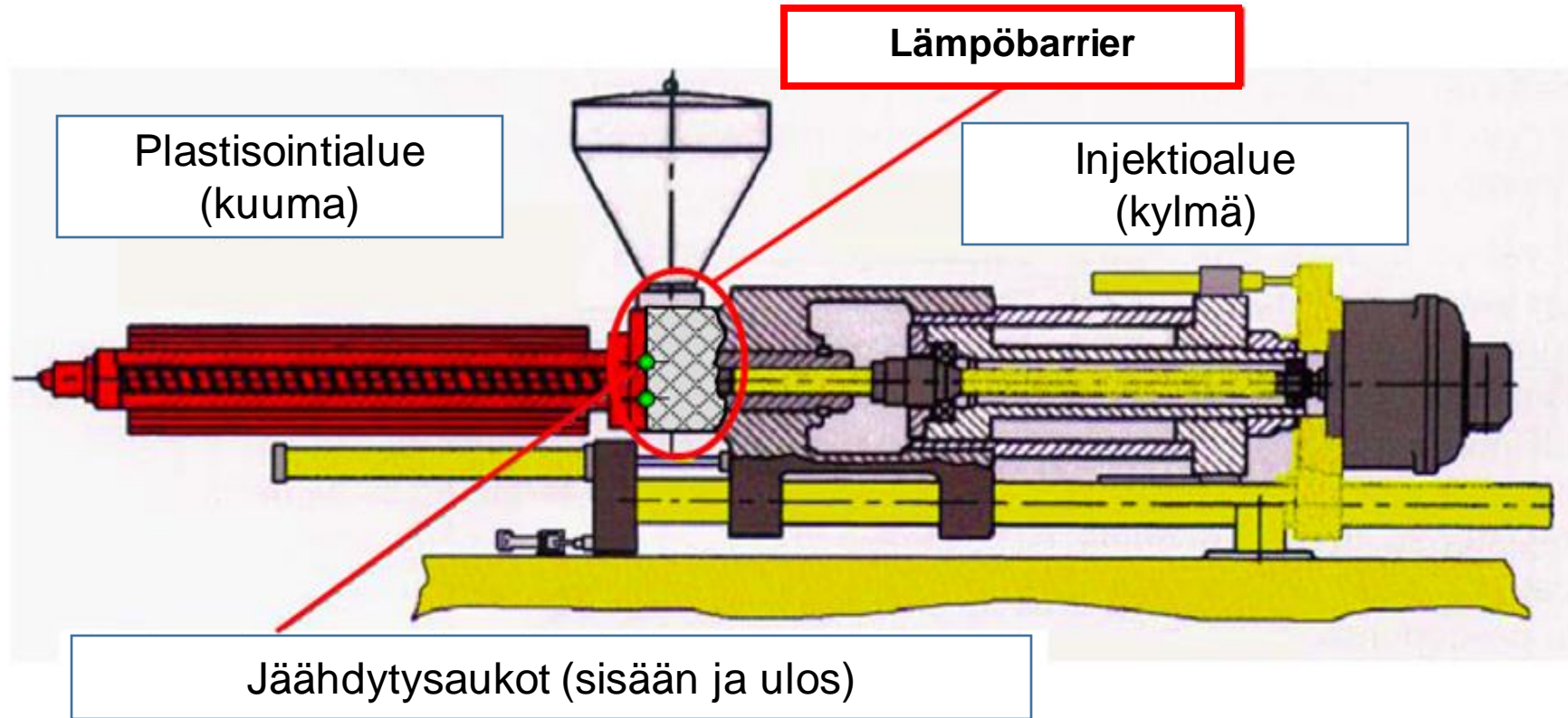
1. ruuvi
2. sylinteri
3. sulkuventtili.

Näiden lisäksi yksikössä on

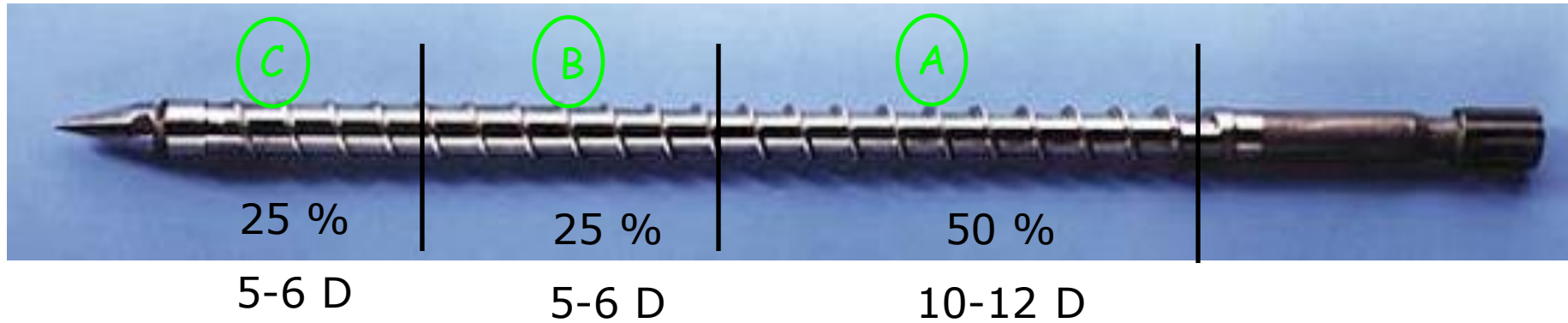
- sähkö- tai hydraulimoottori, joka säätelee ruuvien pyörimisnopeutta
- syöttöyksikkö, joka siirtää materiaalin muottiin.



Lämmönsäätöyksikkö



Ruuvi



Voidaan jakaa kolmeen osioon:

- A. syöttö** → vakiohalkaisija – ottaa vastaan kiinteän materiaalin
- B. sulatus** → ruuvin halkaisija kasvaa – muuttaa materiaalin olomuodon sulaksi
- C. siirto** → halkaisija vakio – sulan homogenisointi.

Ruuvintehtävä

- 1) Muuntaa kiinteässä olomuodossa olevan polymeerin nestemäiseksi seuraavin keinoin:
 - ✓ sähkövastusten lämmön avulla
 - ✓ dynaamisen kitkan avulla, jota aiheutuu ruuvien pyöriessä ja taustapaineen vaikutuksesta.

- 2) Siirtää materiaalin suulakkeelle.
 - Hydraulinen sylinteri luo painetta annostelun aikana (taustapaine).
 - Materiaali kerääntyy syöttövyöhykkelle.

- 3) Ruiskuttaa materiaalin muottiin.



Ruuvintehtävä

Plastisointiprosessissa lämpökäsittelyyn tarvittavalla lämpöenergialla on kaksi erillistä lähdettä:

"terminen" lämmönlähde

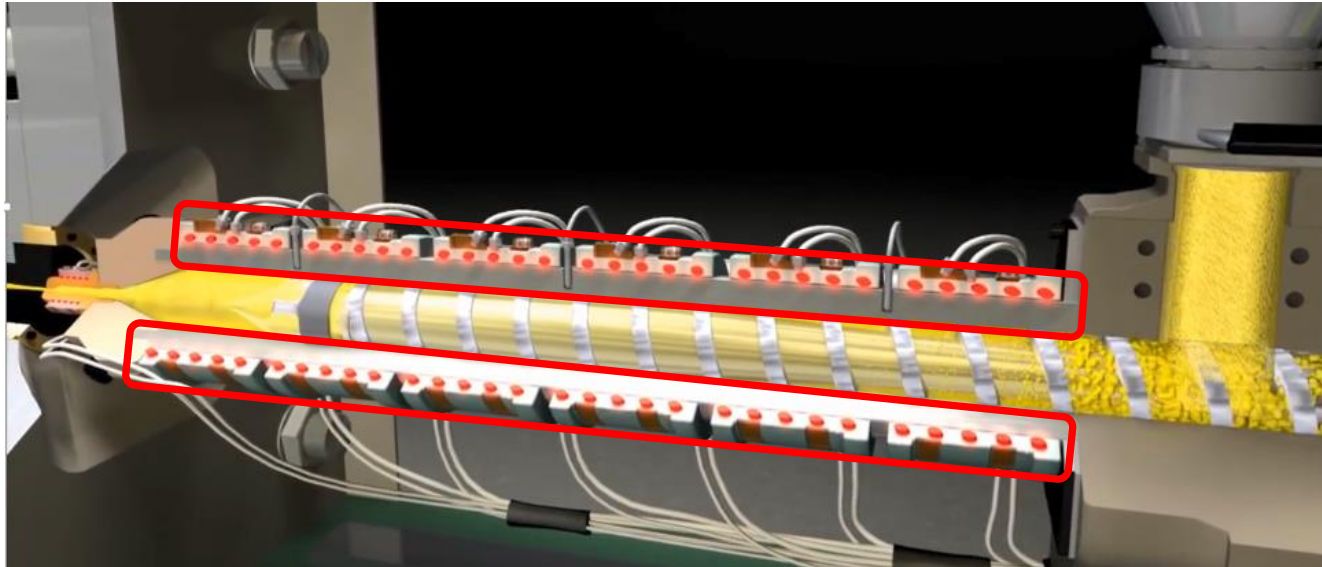
"mekaaninen" lämmönlähde



Ruuvin tehtävä

"TERMINEN» LÄMMÖNLÄHDE

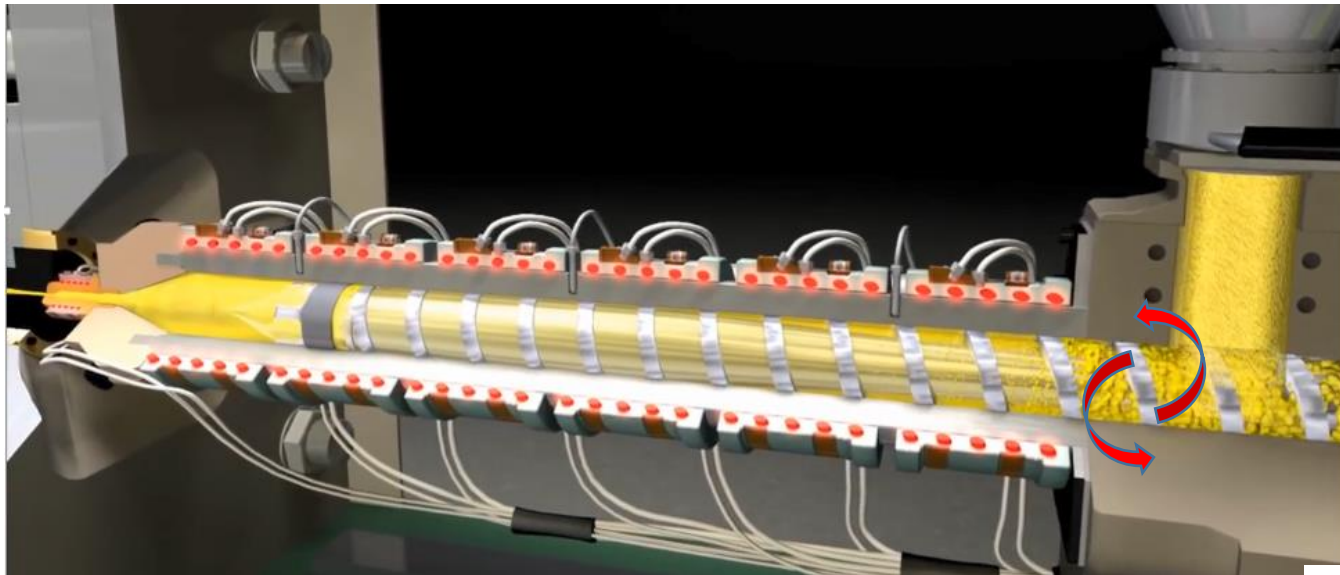
Sylinterin ulkoiset sähkövastukset lämmittävät ruuvia. Lämpövaikutus on suurin sylinterin seinämällä sekä ruuvin alaosassa.



Ruuvien tehtävät

”MEKAANINEN” LÄMMÖNLÄHDE

Kitkan takia materiaali puristuu ja liikuu plastisoinnin aikana. Samalla materiaali siirtää ja jakaa lämpöä koko prosessoitavaan massa.



Ruuvien tehtävä

SYÖTTÖ

Muovimateriaali siirretään ja sitä liikutetaan lämmön avulla sylinterin sisällä, jolloin lämpö tekee materiaalista kumimaista.



TERMINEN



MEKAANINEN



Ruuvien tehtävät

Siirto

Hydraulista ja mekaanista lämpöenergiaa sekä sähköenergiaa lisätään sylinteriin, jolloin materiaali siirtyy lyhyen ajan kuluttua, riippuen ruuvien painesuhteesta ja painevyöhykkeen pituudesta.



TERMINEN



MEKAANINEN

Muovimateriaali ja kaikki lisäaineet lämmitetään syöttövyöhykkeellä sekä puristetaan ja seostetaan. Näin saavutetaan fysikaalisesti ja termisesti homogeeninen massa.



Ruuvien tehtävät

Sekoitus

Muovimateriaali sekoitetaan mekaanisesti ja termisesti.



TERMINEN

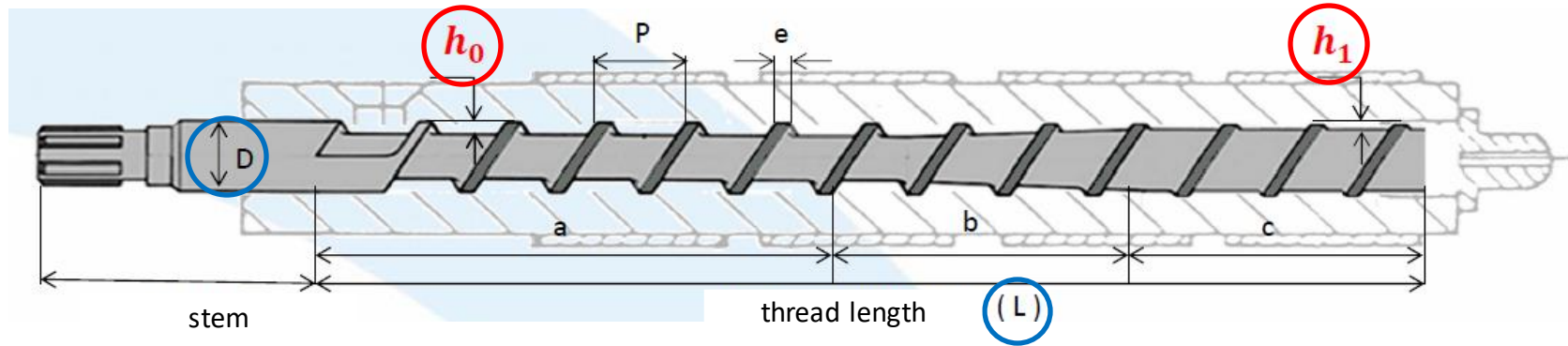


MEKAANINEN

Tämä mahdollista optimaalisen materiaalikohtaisen muottilämpötilan, joka kuitenkin riippuu valmistettavan kappaleen ominaisuuksista.



Perusparametrit



1. L/D-suhde (pituus/paksuus):

Ruuvien fyysiset mitat: Mitä suurempi suhde, sitä pidemmän matkan materiaalin pitää kulkea syöttövyöhykkeen ja ruiskutusruuvien välillä. Usein 20–24 L/D.

2. Puristussuhde:

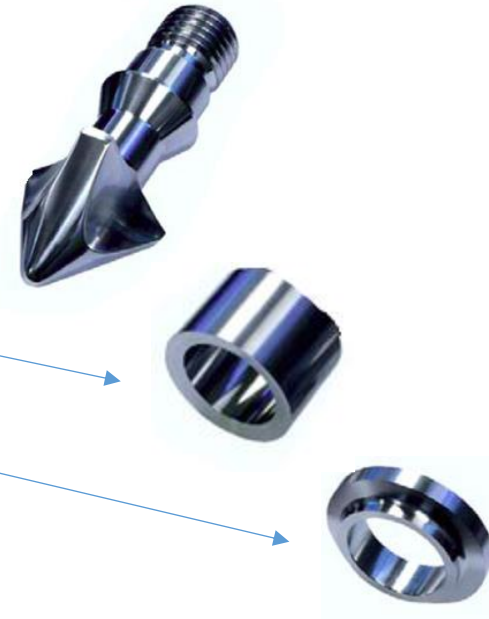
Määritellään suhteena syöttövyöhykkeen uran syvyyden (h_0) ja uran leveyden välillä (h_1).

Tämä suhde on amorfisten polymeerimateriaalien tapauksessa alhaisempi ja kiteisillä muoveilla korkeampi.

Varmistusventtiili – rengasventtiili

Ruuvinkärki voidaan jakaa kolmeen osaan:

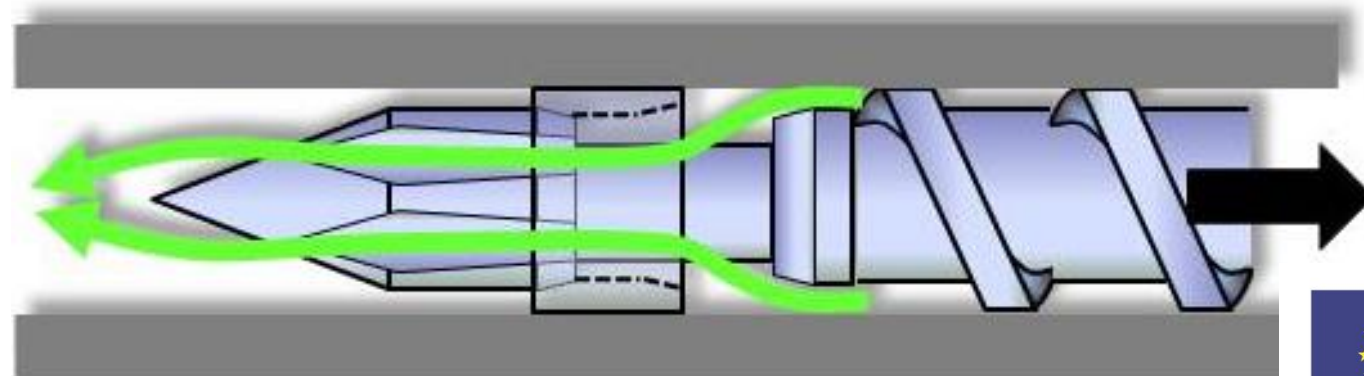
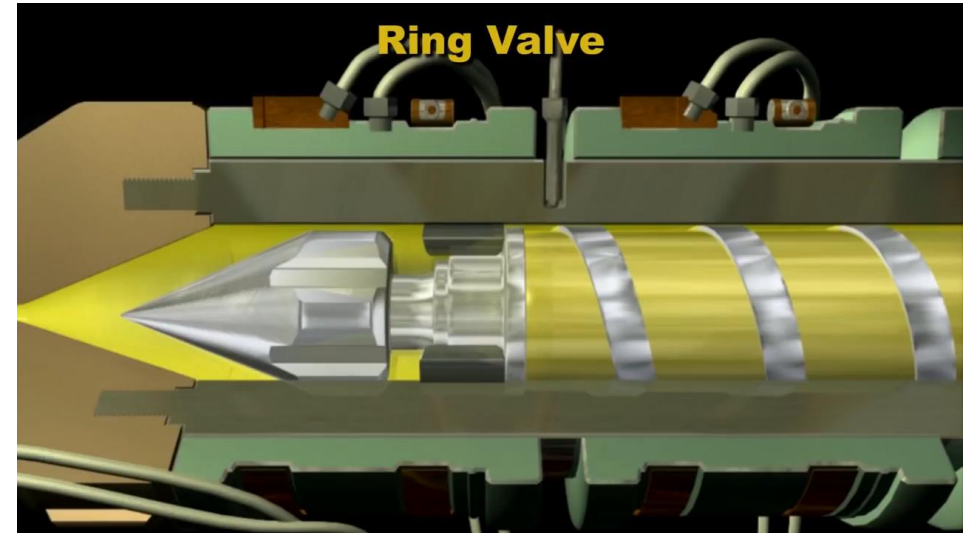
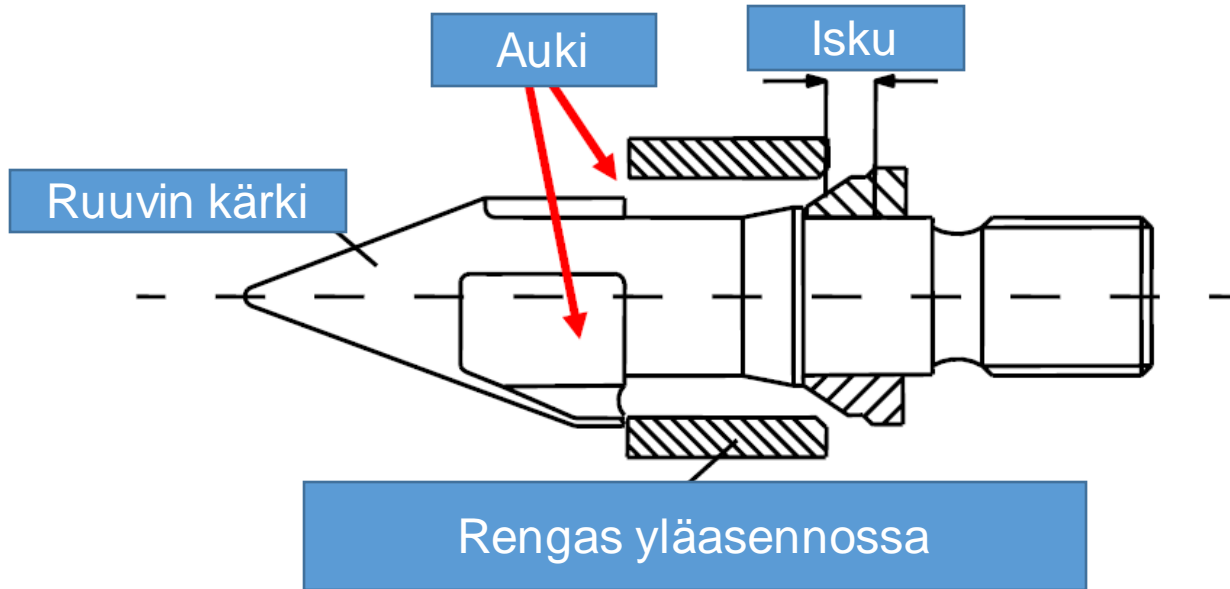
1. RUUVIN KÄRKI
2. KESKITYSRENGAS
3. SOVITE



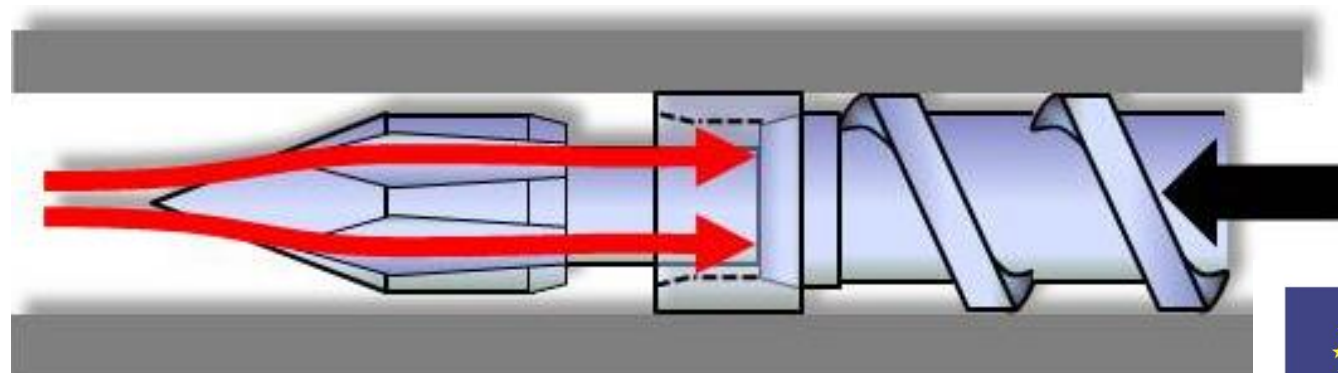
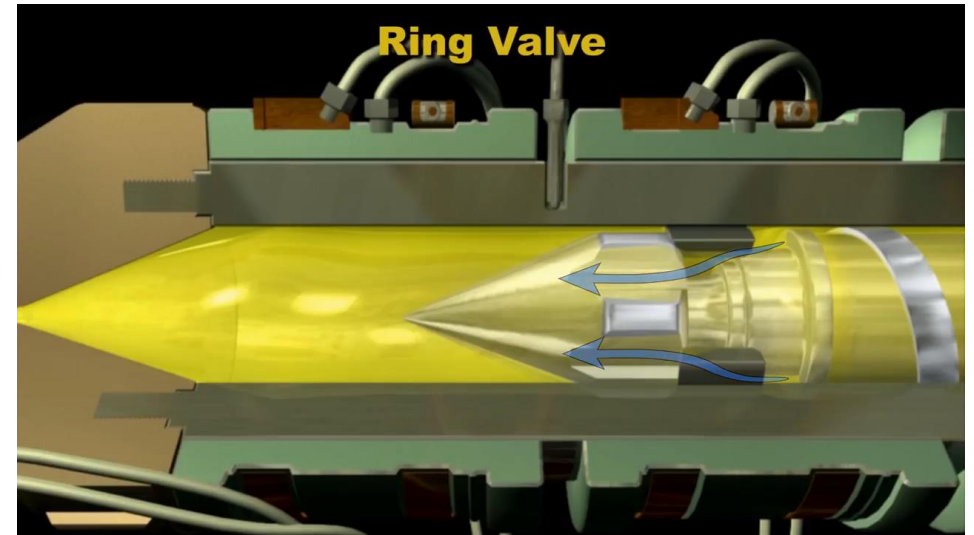
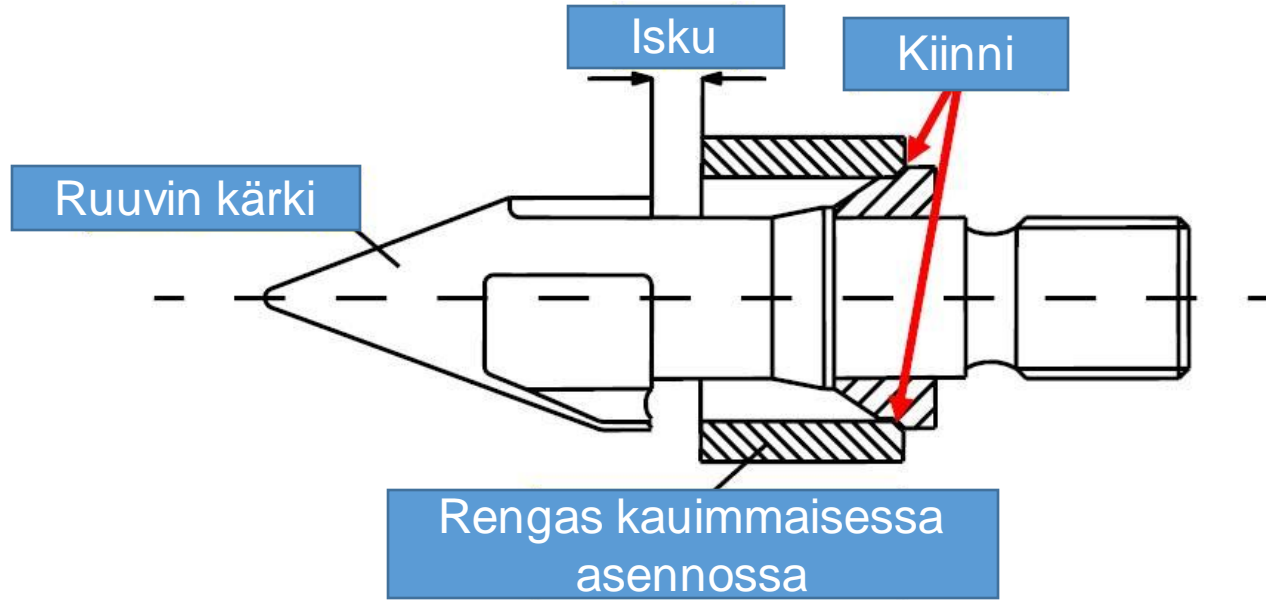
Venttiilin tarkoitus on

- mahdollistaa materiaalin virtaus syöttövyöhykkeelle annostusvaiheen aikana
- estää takaisinvirtauksen ruiskutusvaiheen aikana.

KESKITYSRENGAS - annosteluvaihe

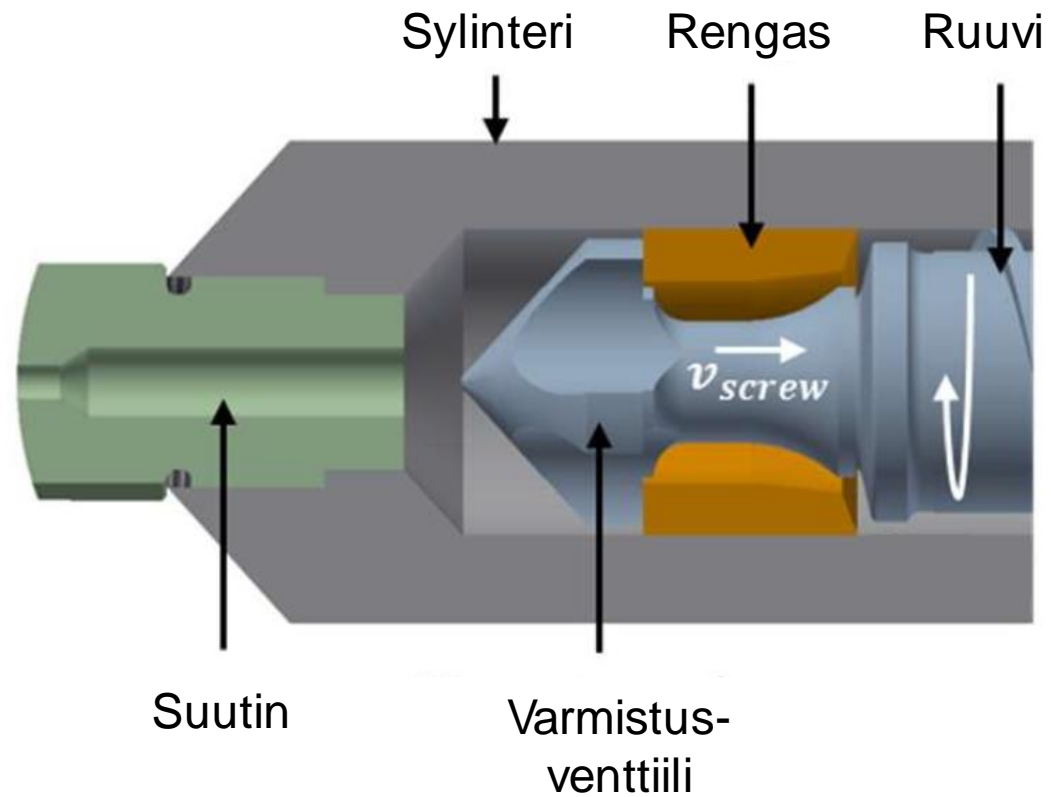


KESKITYSRENGAS – ruiskutusvaihe



SUUTIN

Suutin on sulakkeen **ruiskuvalukoneen uloin osa.**



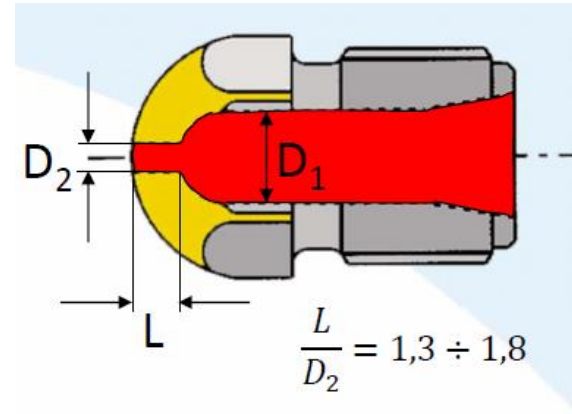
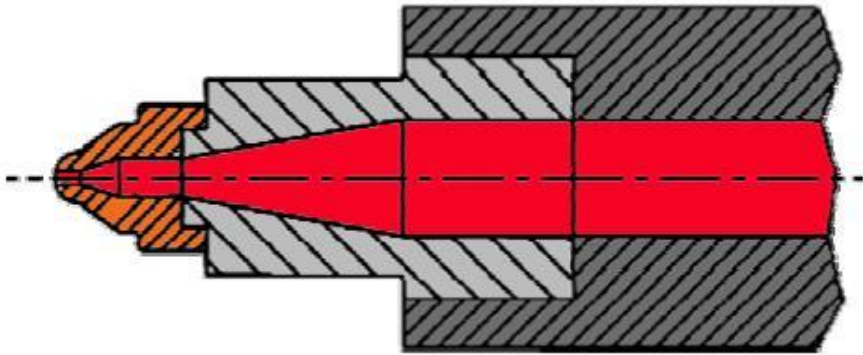
SUUTIN – tehtävät

1. Ruiskuvalukoneen latausaikana suutin kehittää vastapainetta, puhaltaa ilmaa ulos, estää sulaa materiaalia valumasta ulos sekä edistää materiaalin muovautumista ja mittatarkkuutta.
2. Ruiskutuksen aikana suutin on yhteydessä muotin pääruiskutuskanavaan ja muodostaa suljetun käytävän, joka estää sulaa materiaalia valumasta ulos korkean paineen alla.
3. Koneen ruiskuttaessa auttaa ylläpitämään sulan painetta, lisää leikkausvoimia, auttaa nostamaan lämpötilaa sekä tehostaa sekoitusvaikutusta ja homogenisointia.
4. Auttaa myös lämpötilan säätelyssä ja lämmön säilyttämisessä sekä estää materiaalivirran katkeamista.
5. Vähentää viskoelastista käyttäytymistä ja pyörrevirran syntymistä sulan sisään- ja ulostulossa, jotta virrasta saadaan mahdollisimman tasainen.
6. Auttaa ruiskuvalukoneen pitoaikana materiaalin syötössä muottiin ja halutuksi kappaleeksi.
7. Auttaa jäähdytyksen aikana vähentämään takaisinvirtausta, jota tapahtuu, jos materiaalia pääsee virtaamaan muotista takaisin kanaviin.



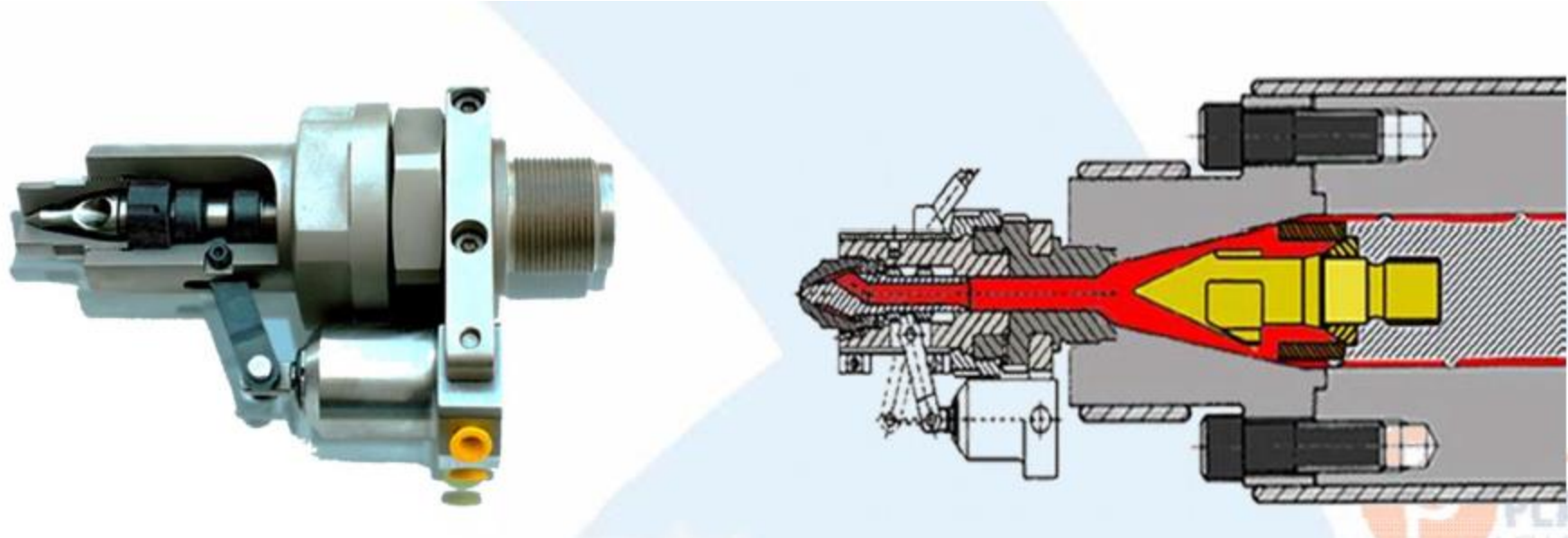
SUUTIN – vapaan virtauksen suutin

Materiaalin ulostulo on aina avoin. Siten sulan vuotaminen on aina mahdollista, jos sulan viskositeetti on alhainen.



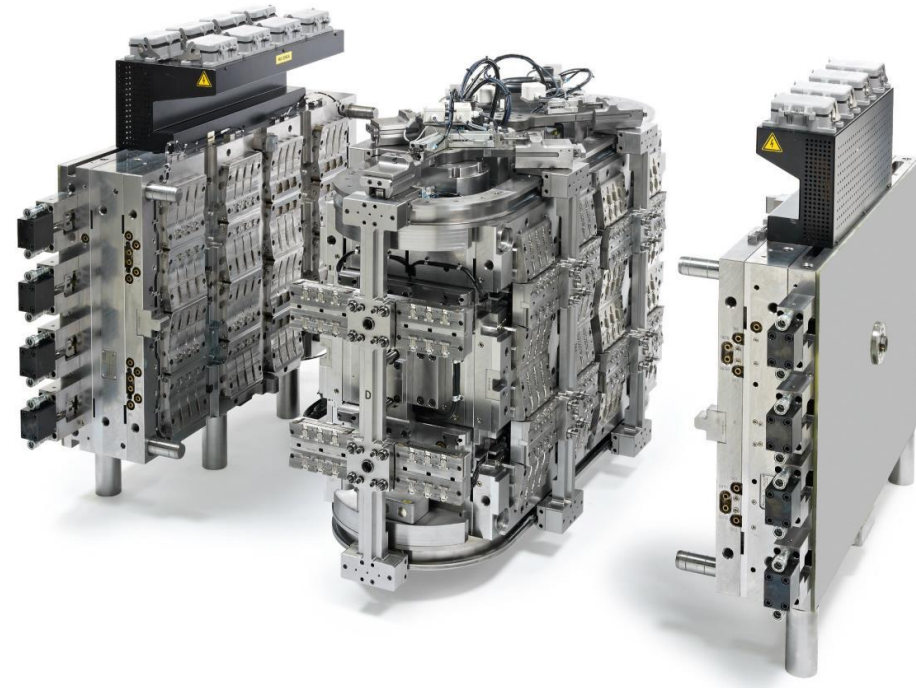
SUUTIN – venttiilisuutin

Materiaalin ulostulo on säädelty neulaventtiilillä, jota ohjaa joko pneumaattinen tai hydraulinen mäntä, jota säättää ohjausyksikkö.



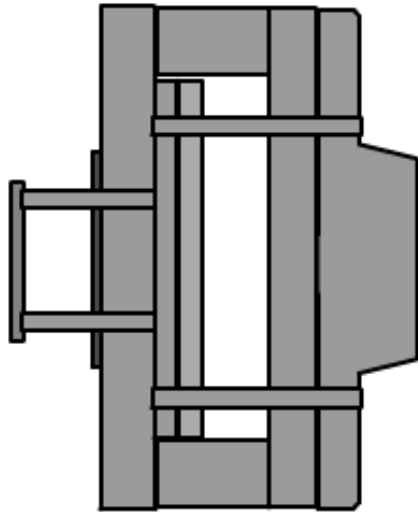
MUOTTI

Muottia käytetään, kun tuotetaan monta samanlaista kappaletta samanaikaisesti.



MUOTTI

Ruiskuvalumuotti koostuu pääosin kahdesta osasta tai muotin puolikkaasta, **KIINTEÄSTÄ osasta** (sisällä ontelo), joka on lukittu paikoilleen, ja **LIKKUVASTA osasta** (keskellä runko), joka on kiinnitetty liikkuvaan levyyn ja joka sisältää ulostyöntölaitteiston.

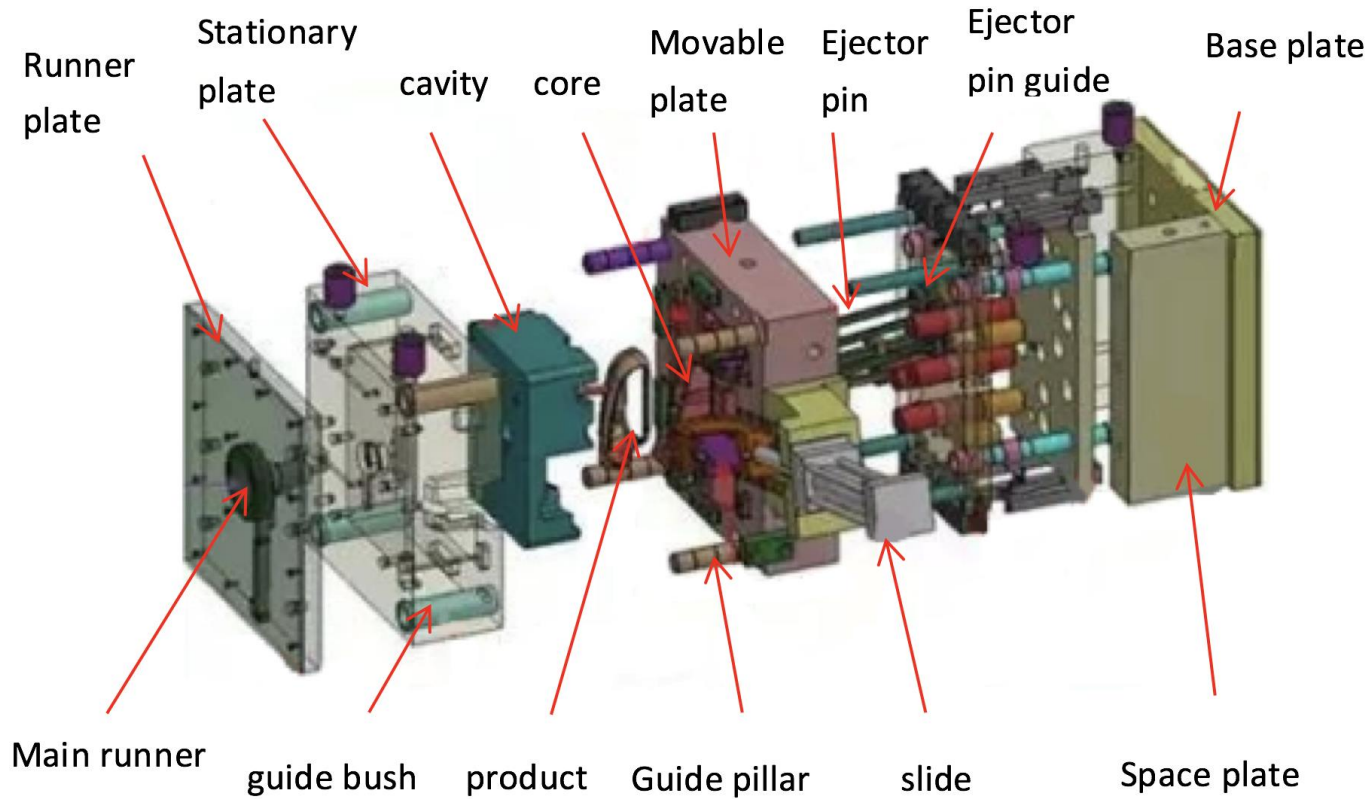


LIKKUVA OSA



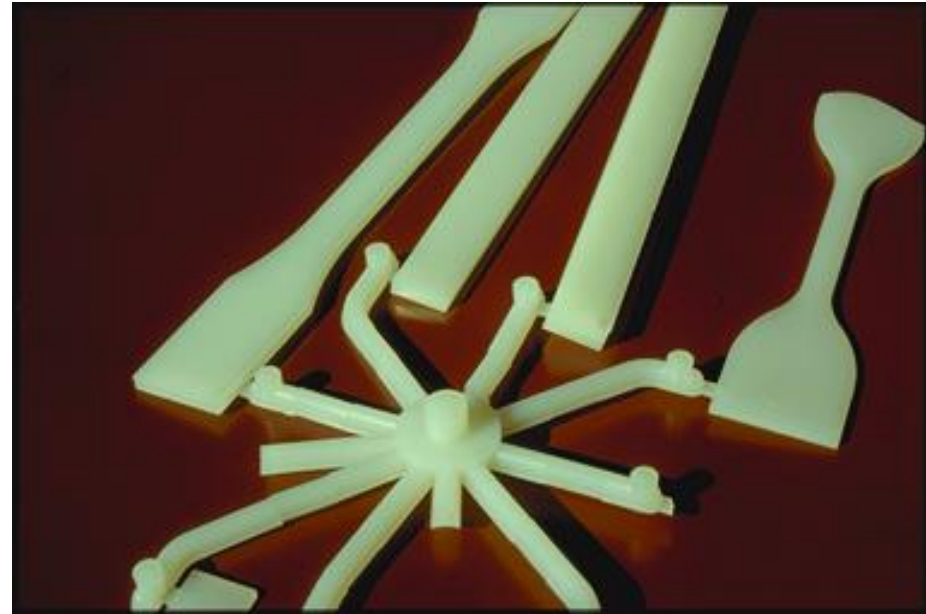
KIINTEÄ OSA

Muotti



MUOTTI– kanavat

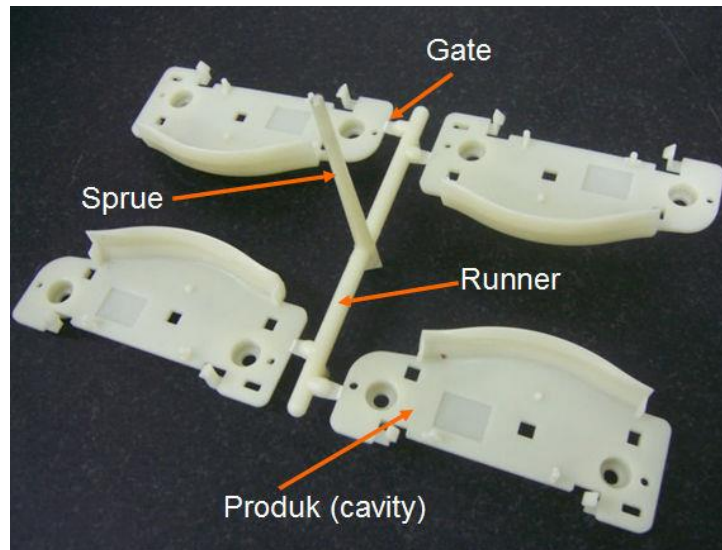
Kun muotissa on useampia kappaleita, tarvitaan syöttökanavia.



MUOTTI– syöttösystemi

Ruiskuvalukoneen syöttösystemin osat:

- **SUUTIN** (joka on ruiskutusyksikön viimeinen osa)
- **VALUTAPPI (sprue)**
- **VALUKANAVA (runner)**
- **PORTTI (gate)**



Muotti – kylmä- ja kuumakanavat

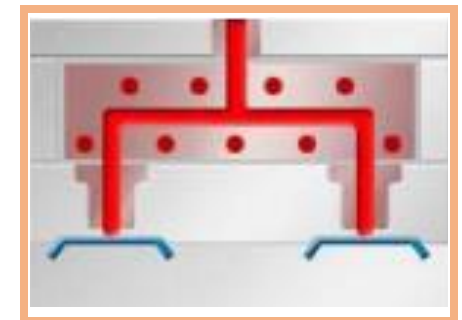
KYLMÄKANAVA

- ✓ **Hyödyt:** rakenteellinen yksinkertaisuus
- ✓ **Haitat:** kanaaliin jäävä materiaali pitää poistaa joka syklin jälkeen



KUUMAKANAVA

- ✓ **Hyödyt:** lämpötilan säätö tarkempaa ja helpompaa
- ✓ **Haitat:** korkeammat kustannukset ja vaikea suunnitella



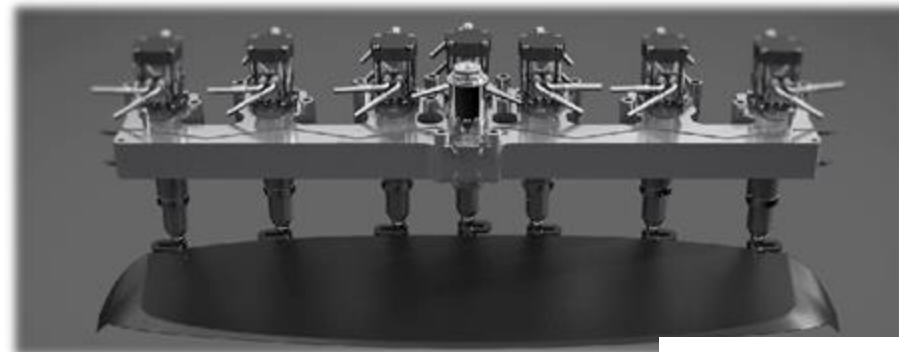
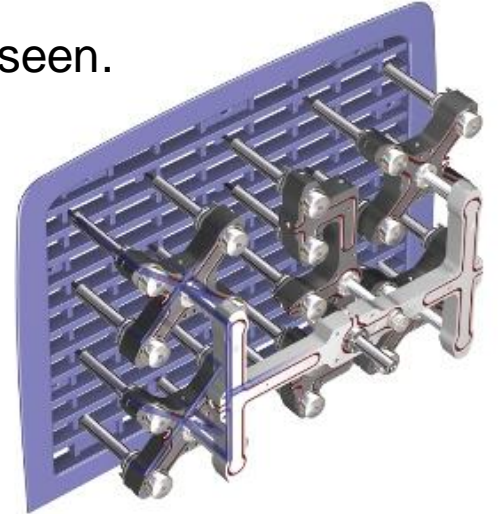
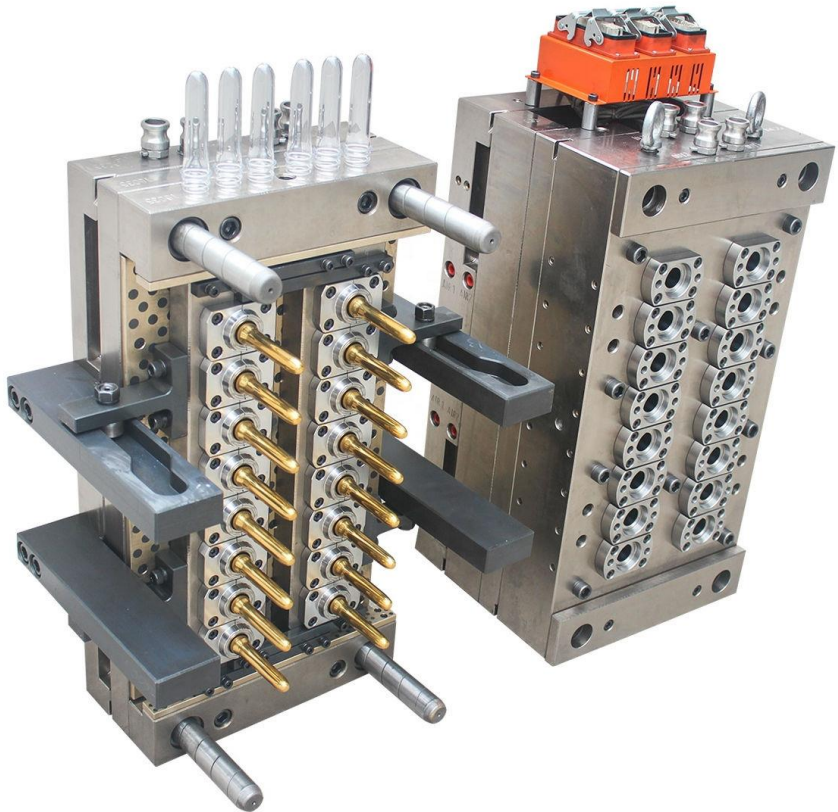
MUOTTI – kuumakanavamuotti

Luokkaan kuuluvat muotit, jotka on varustettu millä tahansa järjestelmällä, joka soveltuu valutappien ja -kanavien täydelliseen tai osittaiseen poistamiseen.



MUOTTI – kuumakanavamuotti

Käytetään moniulotteisten tai suurten kappaleiden, kuten auton puskureiden, valmistamiseen.



MUOTTI – ilmanpoistokanavat

Ilmanpoistokanavat ovat alueita muottiteräksessä, joiden kautta ilma pääsee poistumaan muotista. Ilman pitää päästä poistumaan, jotta muovi voi täyttää muotin kokonaan. Ilman kanavia sisälle jäävä ilma aiheuttaa painetta, kun muovi yrittää työntää ilman ulos muotista ja se aiheuttaa palamista.

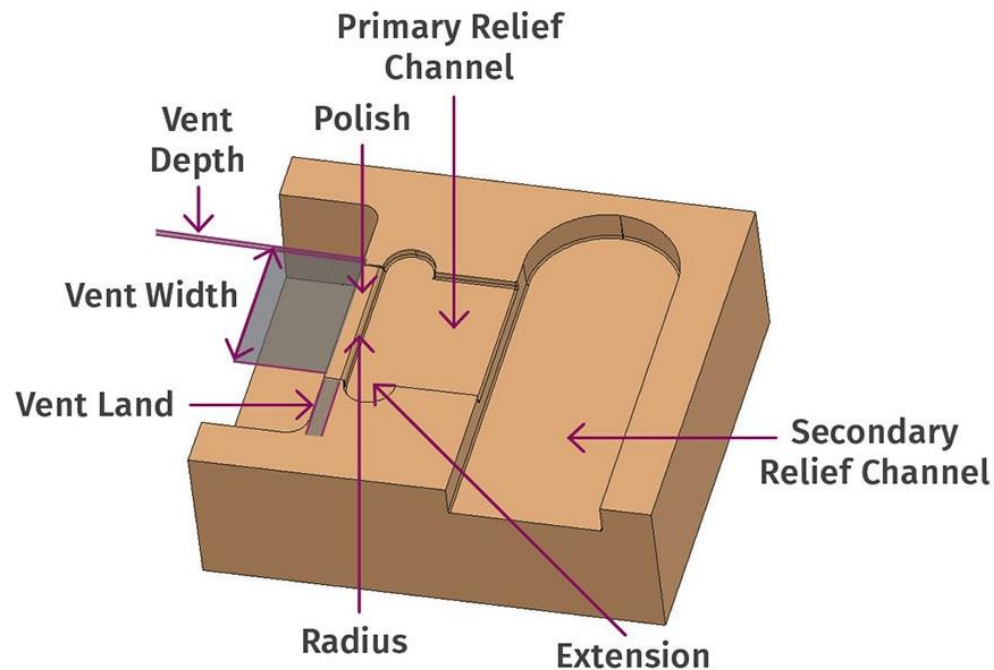
Syvyyssuhde:

Amorfiset polymeerit:

➤ $0,020 \div 0.012$ mm

Osakiteiset polymeerit:

➤ $0,012 \div 0.005$ mm



MUOTTI – ulostyöntäjä

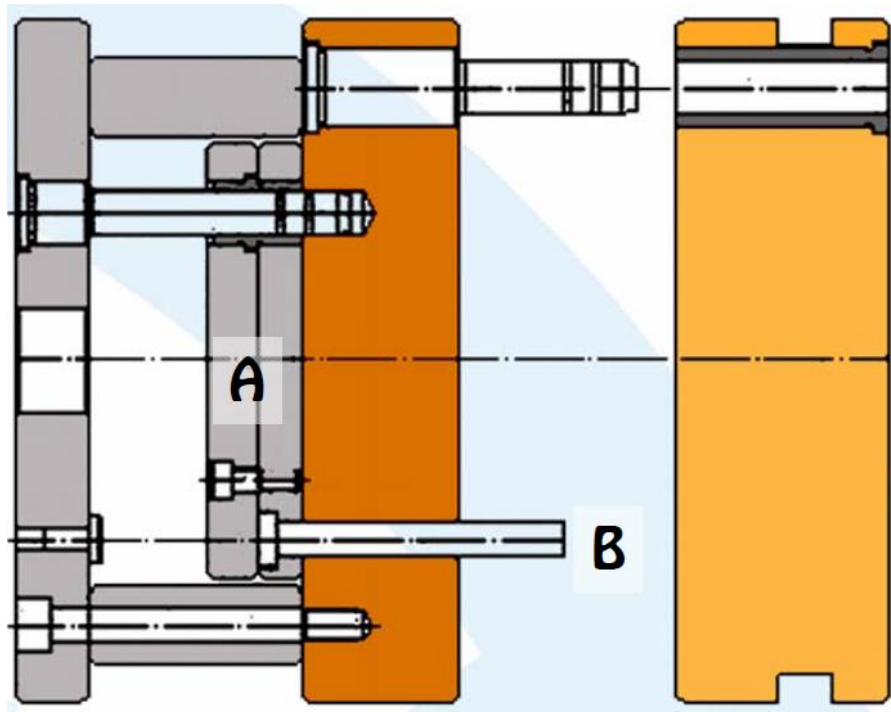
Ulostyöntäjän tyyppi riippuu ulostyönnettävän kappaleen muodosta.

Muokatun osan pintajännityksen pitäisi olla mahdollisimman alhainen, jotta muodonmuutokset voidaan estää.

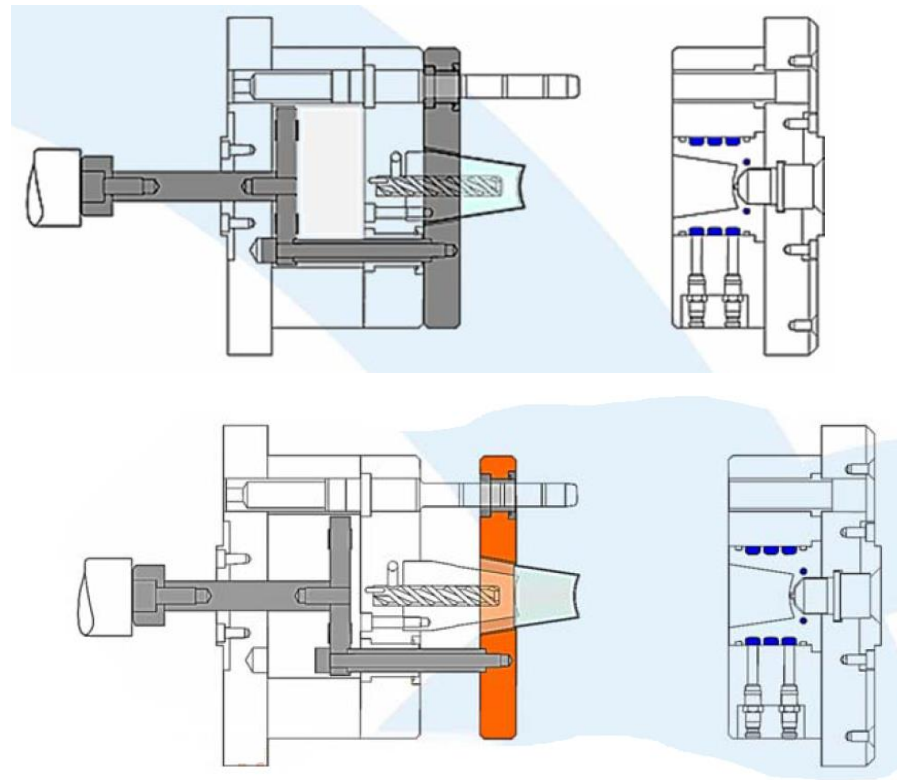
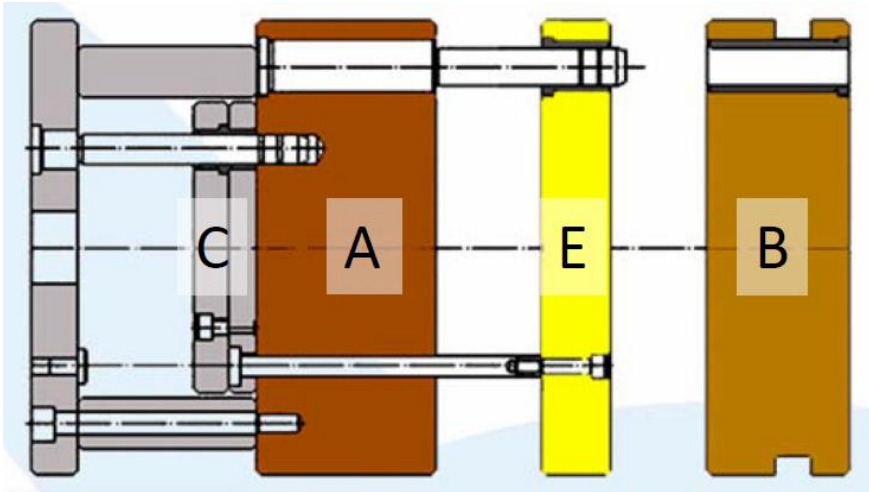
- ✓ Ulostyöntimien halkaisijan tulee olla mahdollisimman suuri.
- ✓ Ulostyöntimiä voidaan käyttää useampia.
- ✓ Ulostyöntimen tulee muodostaa tasainen voima, joka pystyy siirtämään ulos muotista koko valetun kappaleen.

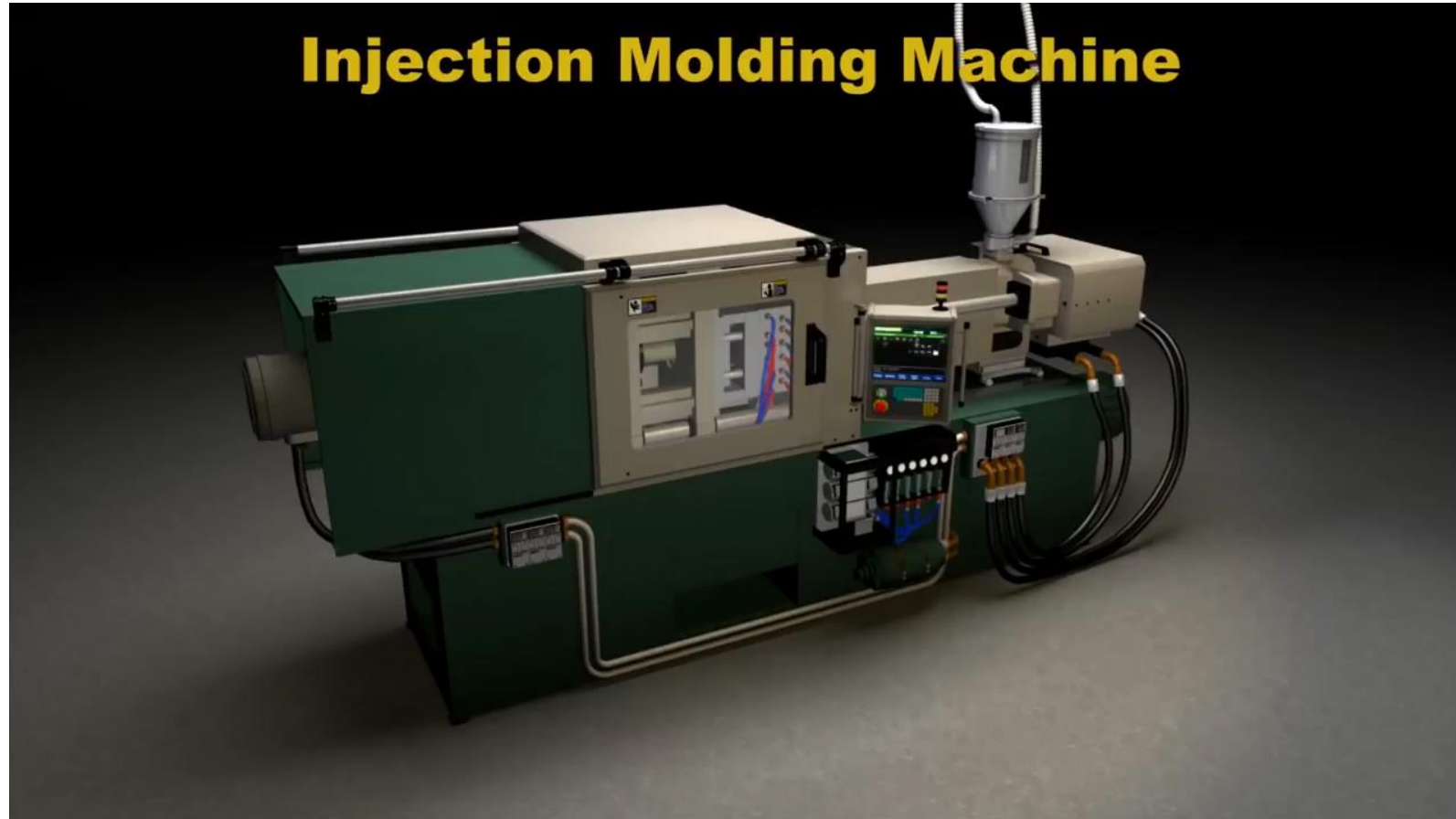


MUOTTI- ulostyöntötangot



MUOTTI – ulostyöntölevy

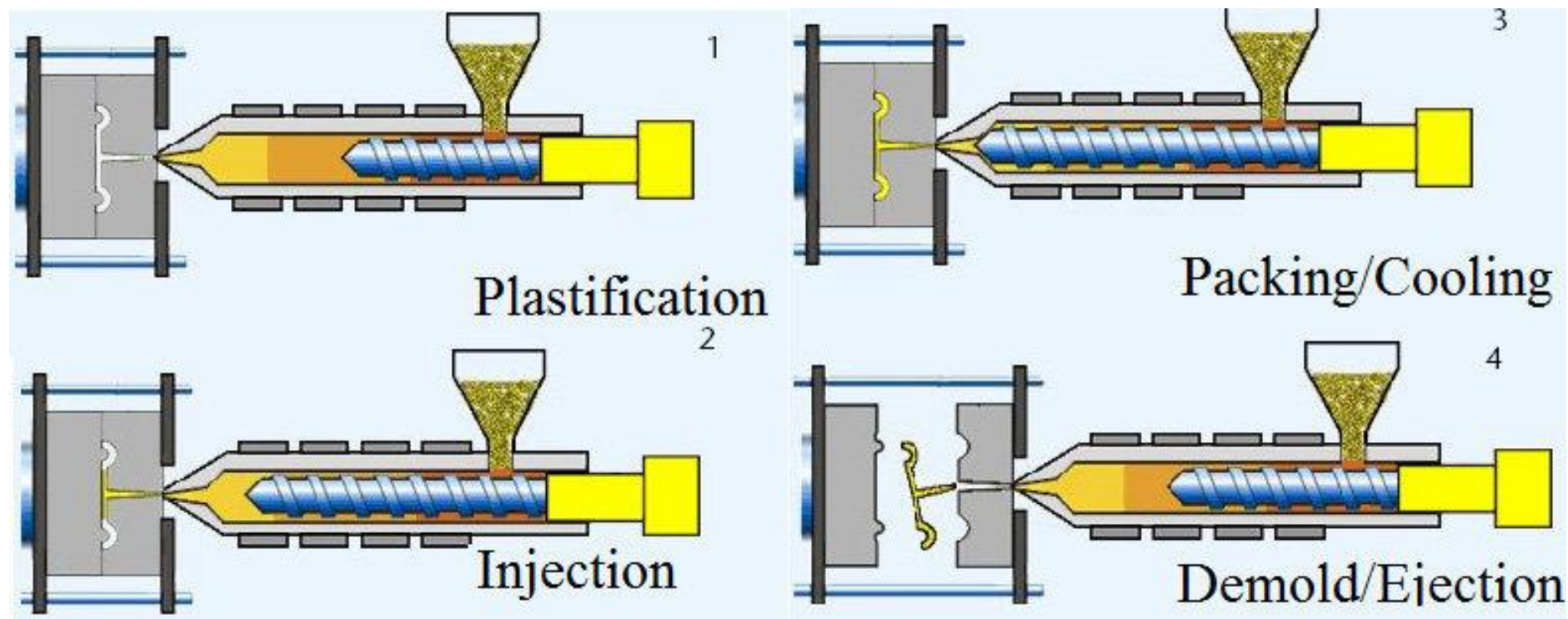




Ruiskuvalukone



Ruiskuvalun vaiheet

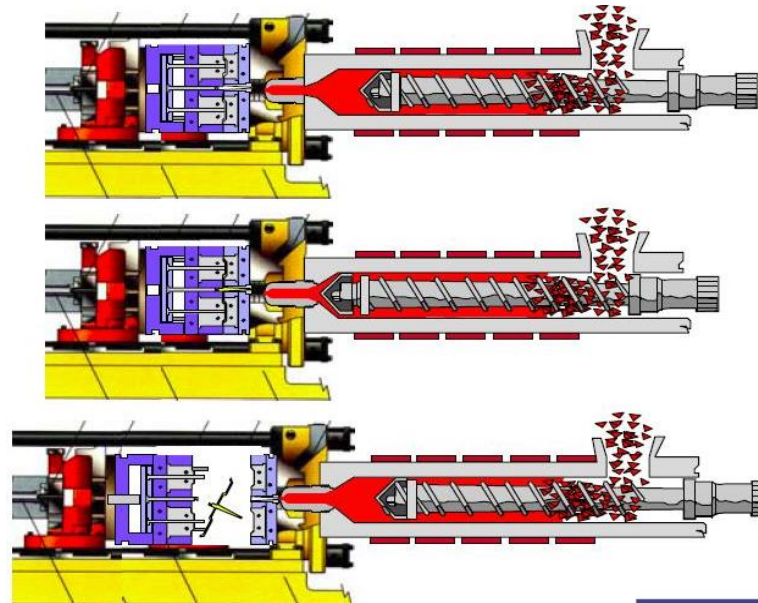


Ruiskuvalun vaiheet

Ruiskuvalusykli koostuu erillisistä vaiheista, jotka toistuvat, jotta saadaan valmistettua identtisiä kappaleita. Yksittäiset prosessin vaiheet ovat järjestyksessään samat, mutta kestoiltaan erilaiset, jolloin eri vaiheiden prosentuaalinen osuus prosessista vaihtelee.

Ruiskuvalusyklin vaiheet:

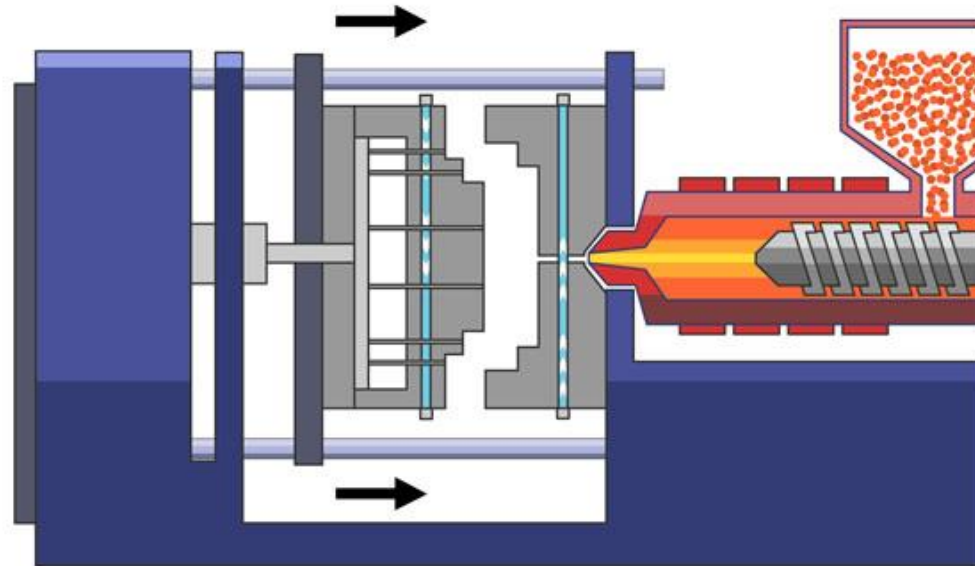
1. Muotin sulku (Clamping phase)
2. Ruiskutus (Täyttö)
3. Tiivistyminen (Pito)
4. Jäähdytysvaihe + plastisointi
5. Muotin avaus
6. Ulostyöntövaiheet



Muotin sulkeminen – Clamping phase

Tämän vaiheen aikana ruiskuvalukone tuottaa sulkuun tarvittavan voiman ja muotti sulkeutuu ja pysyy kiinni.

Voiman pitää olla riittävän suuri, jotta se pystyy vastustamaan materiaalin paineen.



Muotin sulkeminen

Sulkuvoima, joka riippuu muotin onteloiden koosta ja lukumäärästä sekä ontelon sisällä olevan sulan paineesta, mahdollistaa muotin pitämisen suljettuna muovausvaiheiden aikana.

Oikean sulkuvoiman kannalta on tärkeää tietää:

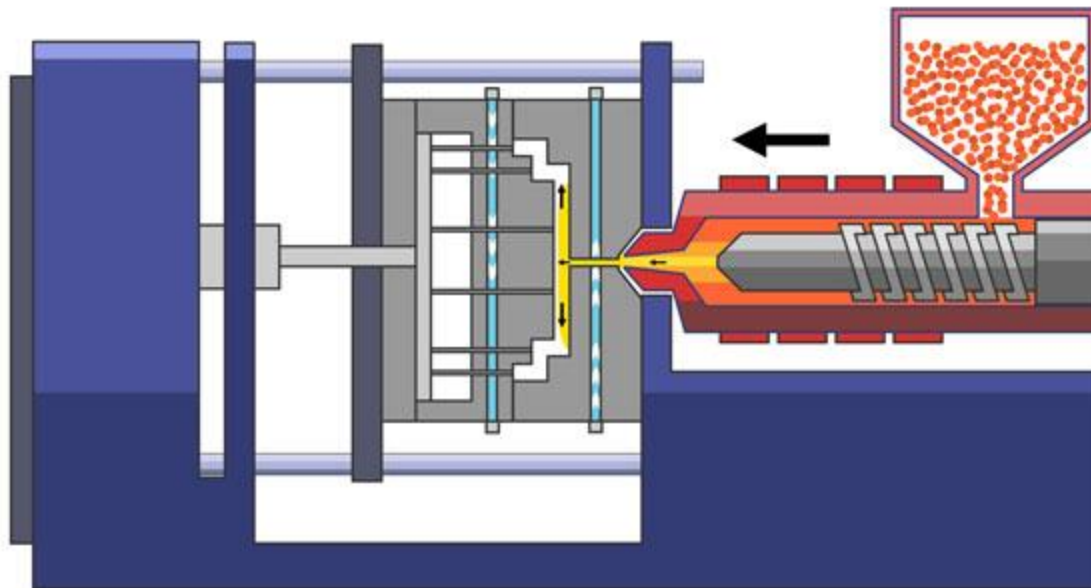
- Virtauksen maksimipituus muotissa
- Muotin osien projisoitu pinta-ala
- Käytettävän materiaalin viskositeetti



Ruiskutus – täyttö

Tässä vaiheessa muotin tilavuudesta täytetään 98 % prosenttia.

Täyttöä hallitaan tilavuuden perusteella: ruiskuvalukone säätelee ruuvien pyörimisnopeutta ja siten myös sulanvirtausta.



Vaihesiirtymä

Vaihesiirtymällä tarkoitetaan siirtymistä täyttövaiheesta tiivistymisvaiheeseen ruiskuvalusyklin aikana.

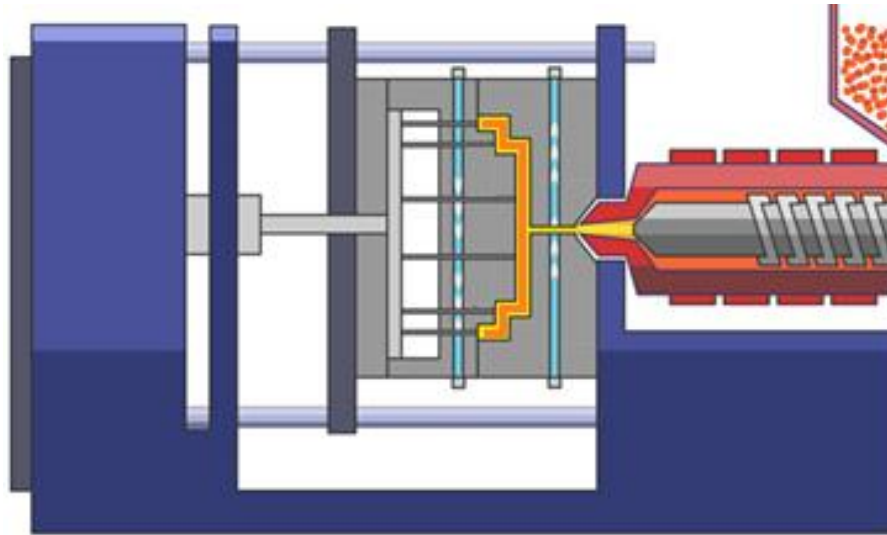
Siirtymään voidaan käyttää useita menetelmiä. Esimerkiksi täyttö-pakkaus-vaihto voidaan käynnistää, kun ruiskutusaika ja -paine saavuttavat tietyn arvon, määritelty täyttöaste saavutetaan tai kun jokin muu olosuhde saavuttaa asetetun arvon.



TIIVISTYS - pito

Tiivistymisvaiheen aikana painetta säädetään ja materiaalia ruiskutetaan muottiin samalla kun materiaaliin tulee muottikutistumaa ja tapahtuu takaisinvirtausta.

Pitovaiheen aikana materiaalia pidetään paikoillaan vakiopaineella, kunnes se jähmettyy portissa ja jäähdytysvaihe alkaa.

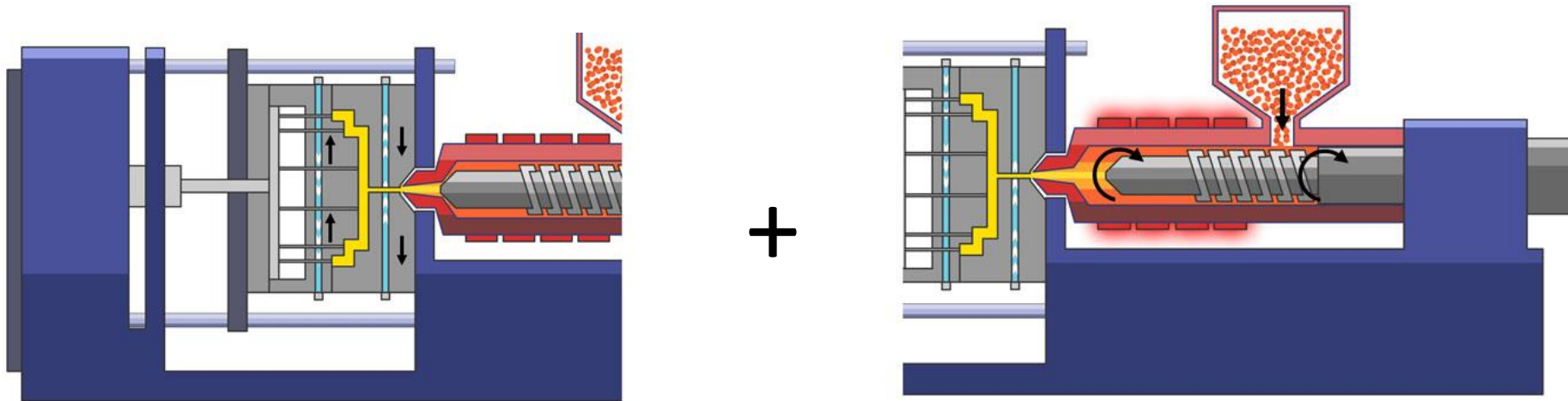


Jäähdytysvaihe + plastisointi

Jäähdytysaika voidaan arvioida kappaleen seinämäpaksuuden ja sen termodynaamisten ominaisuuksien perusteella.

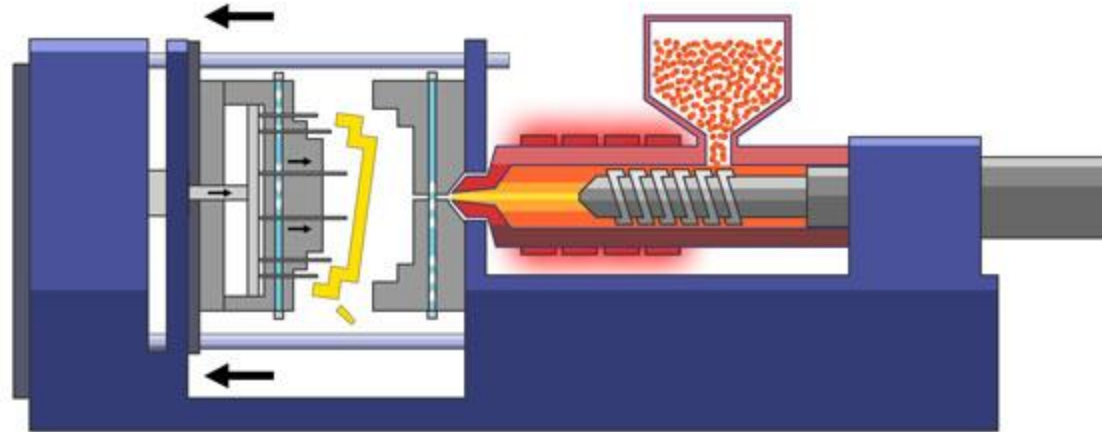
Tänä aikana muotin pitää saavuttaa materiaalille ominainen irrotuslämpötila. Tässä lämpötilassa valettu kiinteä kappale voidaan poistaa muotista.

Jäähdytysaikana ruiskuvalukoneen on mahdollista jatkaa materiaalin plastisointia seuraavaa sykliä varten.

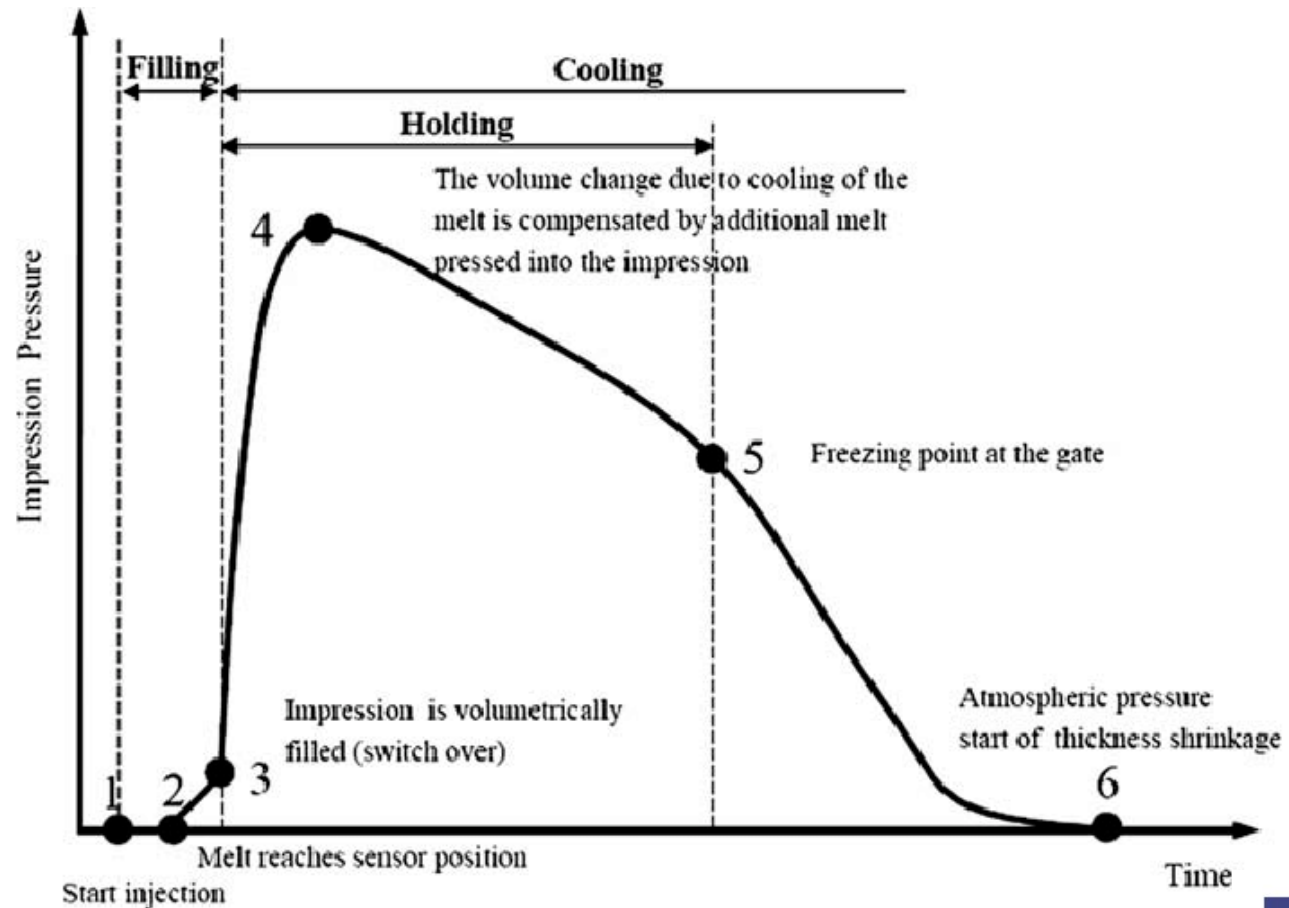


Muotin avaus- ja poistovaihe

Tässä vaiheessa muotti aukeaa ja irrotustangot liikuttavat ulostyöntimiä eteenpäin. Kappale irtoaa, ja muotin alla oleva keräin ottaa sen vastaan tai robotti sen poimii.



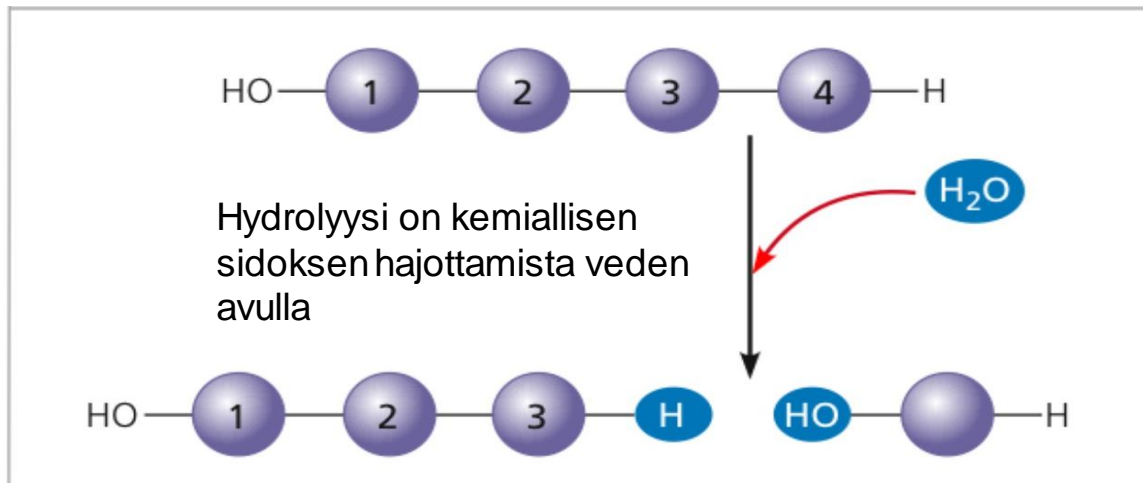
Muottipesän paine ruiskuvalusyklin aikana



Muovimateriaalien kuivaus

Suurin osa muovimateriaalien raaka-aineista näyttää kuivalta, mutta kaikki ei aina ole sitä, miltä näyttää. Hydroskooppiset materiaalit, kuten esimerkiksi polykarbonaatti, nylon ja polyesteri, keräävät kosteutta ympäröivästä ilmasta. Siispä vaikka materiaali on kuivaa varmistuksen jälkeen, siinä voi esiintyä jossain määrin kosteutta.

Kosteus aiheuttaa kemiallisen reaktion (hydrolyysi), jonka aikana pidemmät polymeeriketjut lyhenevät. Hyvän tuotteen valmistamiseen tarvitaan pitkiä ketjuja. Lyhytketjuiset polymeerit aikaansaavat muotissa laadultaan huonoja ja heikkoja kappaleita.



Polymeerin kuivaus

Mikä antaa muovin tuottajille mahdollisuuden varmistaa, että raaka-aineen olosuhteet ovat optimit prosessointia varten?

- 1) Kuumailmapuhaltimet
- 2) Kosteutta poistavat kuivaimet



Kuumailmapuhaltimet

Kuumailmapuhaltimet on suunniteltu poistamaan pintakosteutta ei-hydroskooppisen materiaalin pinnalta ja esilämmittämään materiaali prosessointia varten. Tällainen esilämmitys on erityisen tarpeellinen silloin, kun materiaalia on säilytetty ulkona kylmässä ja se tuodaan sisälle lämpimämpää ja kosteampiin olosuhteisiin prosessoitavaksi. Puhaltimet koostuvat yleensä eristetyistä syöttösuppilosta eli hopperista, jossa on puhallin ja lämmitin.

Kuuma ilma puhalletaan materiaaligranulaattien läpi ja kostea ilma poistetaan ulos ympäristöön.



Kosteutta poistavat kuivaimet

Kosteutta poistavat kuivaimet on suunniteltu eliminoimaan kosteus muovimateriaalista ennen prosessointia. Ilma pakotetaan kuivauspedin läpi, jotta siitä saadaan erittäin kuivaa. Tämän jälkeen ilma lämmitetään määrättyyn lämpötilaan ja syötetään kuivaussuppiloon, joka sisältää kuivattavan materiaalin.

Tämä kuiva ilma imee kosteutta materiaalista, minkä jälkeen kosteudesta kylläinen ilma johdetaan ulos suppilosta uudelleen kuivauspedin läpi ja poistetaan jälleen siitä kosteus, jolloin sykli alkaa alusta.



Kosteutta poistavat kuivaimet

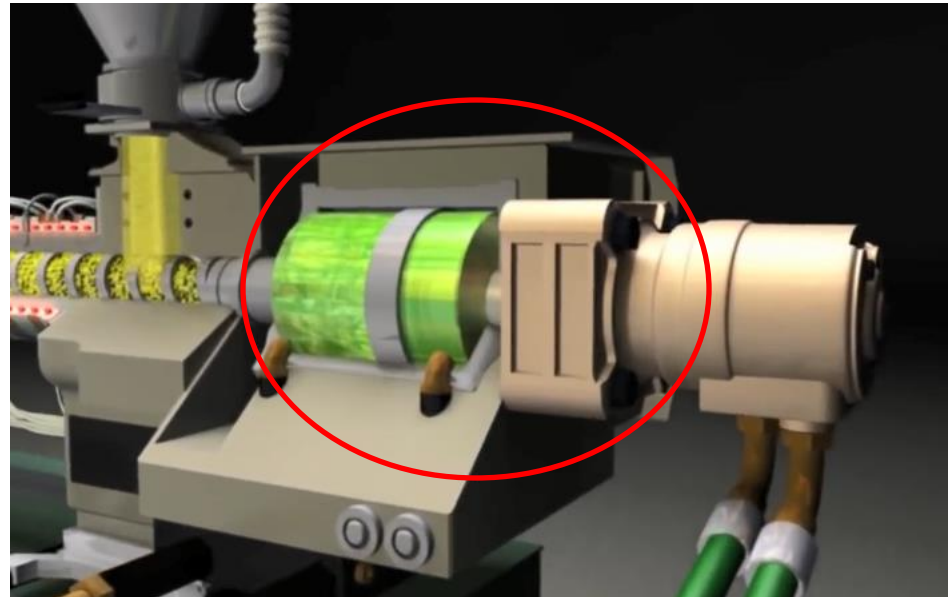
Tyypillisesti muovin työstämiseen käytetään uusiutuvia tai tuplatornikuivaimia. Kun kuivaimen ilmapeti saavuttaa tietyn kosteuden, ilmavirta vaihdetaan automaattisesti toiseen kuivauspetiin, jotta kuivausprosessi voi jatkua saumattomasti. Samalla alkuperäinen peti ennallistetaan poistamalla siitä kosteus lämmön avulla, minkä jälkeen jäähtyttyään se on jälleen valmis imemään kosteutta.



Prosessiparametrit

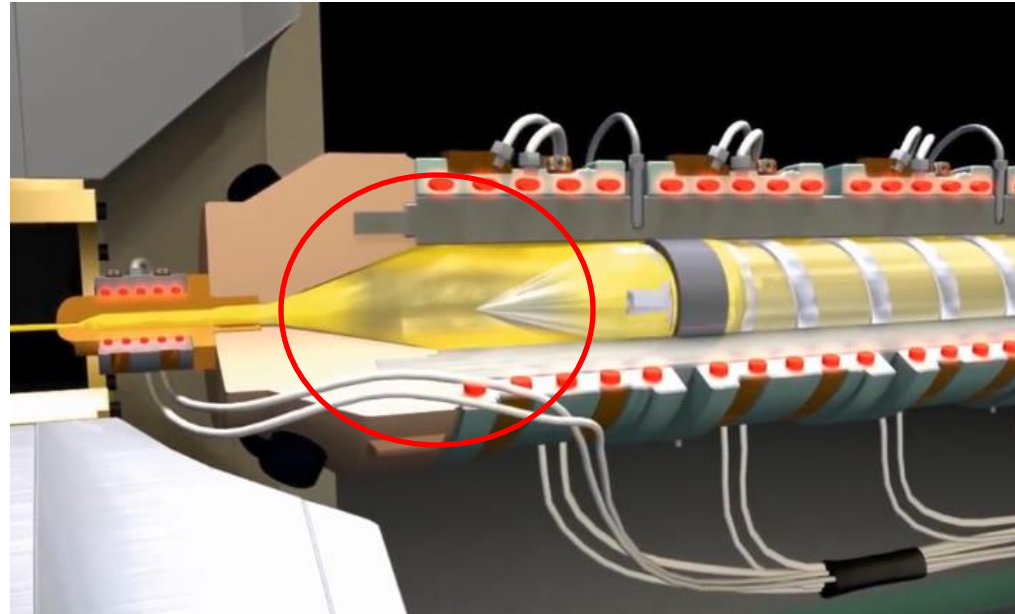
Ruiskutussuhde tai -nopeus on plastisointiruuvin liikkumisen ja hydraulisen männän välinen nopeus.

Ruiskutusyksikön ruiskutustehoa voidaan ilmaista ruiskutussuhteella (yhdessä sekunnissa ruiskutetun sulan muovin tilavuus, cm^3/s) tai ruiskutusnopeudella (männän liikkumisnopeus eteenpäin, mm/s).



Prosessiparametrit

Ruiskutustilavuus on se määrä materiaalia, joka voidaan ruiskuttaa muottiin sen täyttämiseksi riittävästi (s).

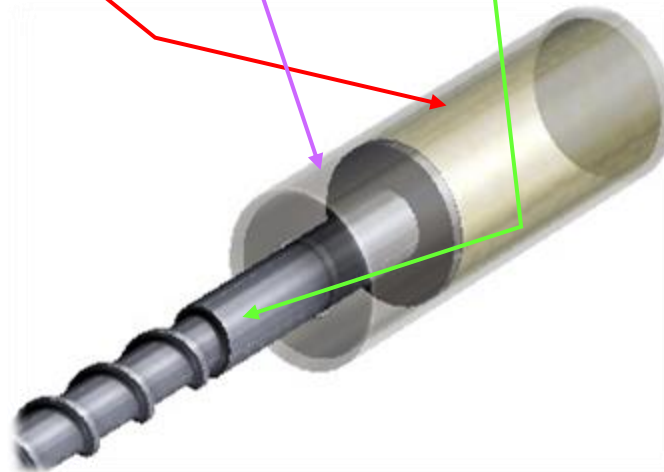


Prosessiparametrit

Ruiskutusaine on paine, jolla muotti täyttyy. Ruiskutusainetta kutsutaan joskus esipaineeksi.

Ruiskutusaine määritellään ruiskutus sylinterin öljynpaineen ja ruuvin dimensioiden välisenä suhteena, ja se voi maksimissaan saavuttaa 200 MPa:n arvon.

$$P_{max\ injektio} = P_{sylinteri} \times (Ala_{sylinteri} / Ala_{ruuvi})$$



Prosessi parametrit

Pitopaine on paine, jota hyödynnetään täyttämään muotti ja muotin tärkeät yksityiskohdat sekä pinnan muodot. Kutsutaan joskus kakkosvaiheen paineeksi.

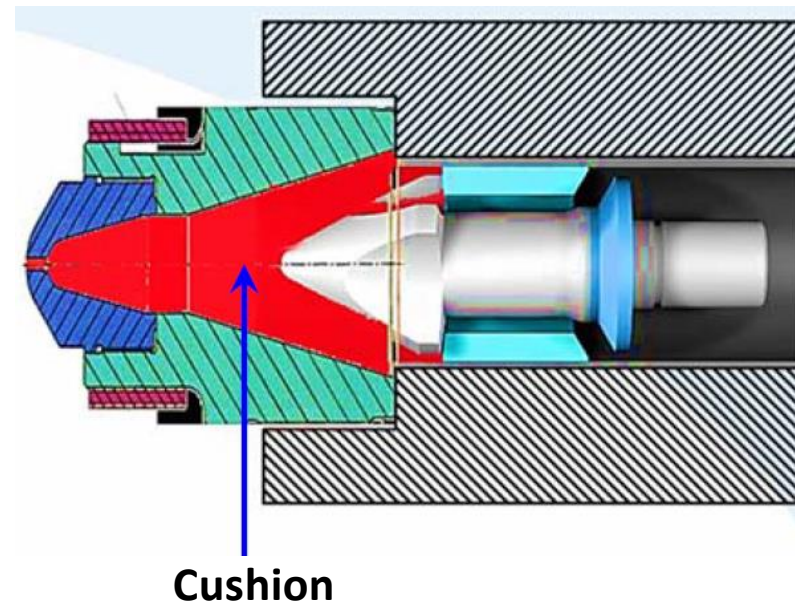
Pitoaika on aika, joka kuluu materiaalin jähmettymiseen portaissa.



Prosessiparametrit

Tyyny on materiaali, joka jää syöttövyöhykkeelle ruuvien etuosaan muotin täytön ja tiivistyksen jälkeen.

Sen avulla varmistetaan, että ruuvi ei osu kanavan perälle ja näin estä tiivistyksen hallintaa.



Prosessiparametrit

Ruuvien pyörimisnopeus on nopeus, jolla ruuvi pyörii sekoittaessaan pellettejä. Sen yksikkö on rpm (kierroksia per minuutti).

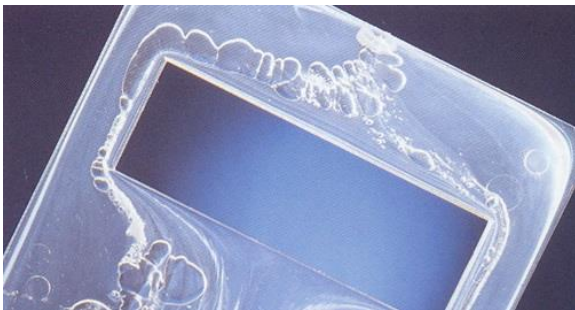
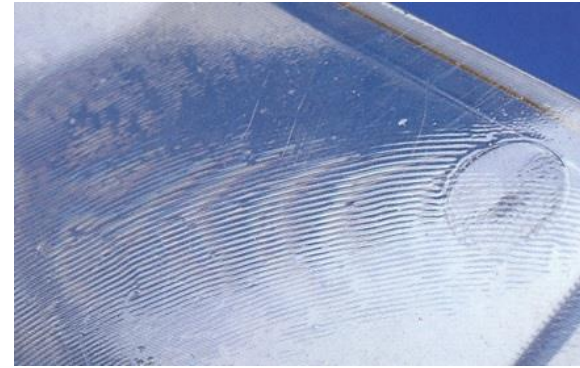
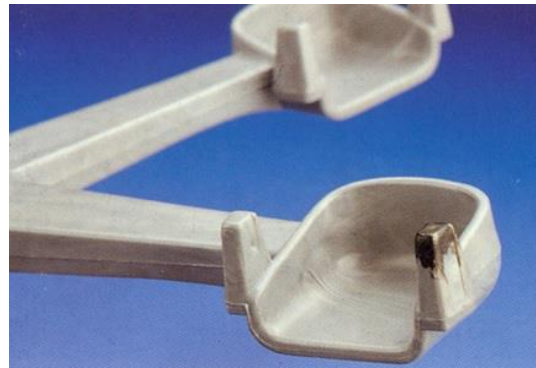
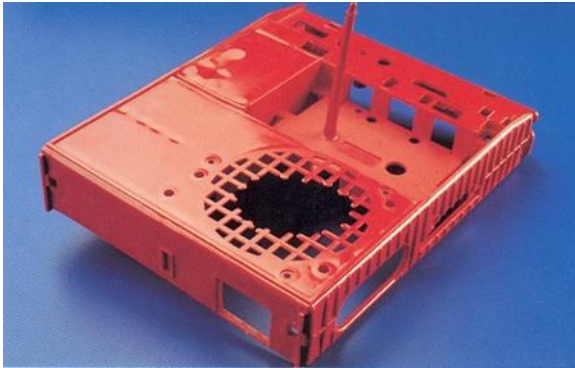
Jos ruuvien pyörimisnopeus on liian suuri, sulaan muoviin sekoittuu ilmaa ja sulaan alkaa ilmestyä kaasukuplia.

Jos ruuvien pyörimisnopeus on puolestaan liian pieni, riittävää sekoitusta ei tapahdu ja materiaalin laatu valmiissa tuotteessa vaihtelee.

Vastapaine määritellään ruiskuvaluprosessissa usein ”vastuksena, joka ruuvilla on palautua kun sekoitusyksikkö pumppaa sulaa muovia läpi sulkuventtiilin ruuvien etuosassa”. Paine, joka kehittyy ruuvien etuosaan pakottaa ruuvien takaisin asetettuun lähtöarvoon.



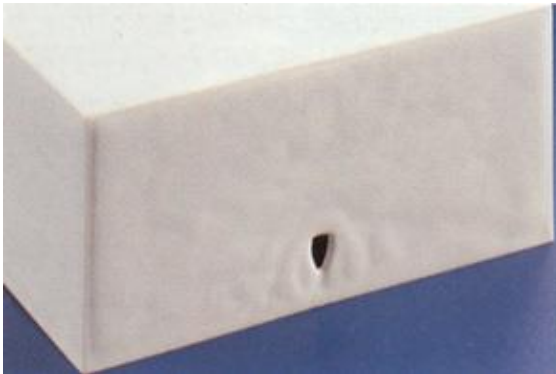
Ruiskuvalettujen kappaleiden ominaisuudet ja virheellisten kappaleiden analysointi



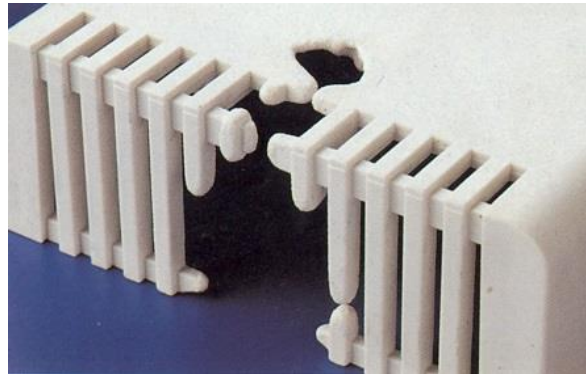
Epätäydelliset kappaleet

Valuvirheet esiintyvät yleensä ruiskutusportin vastakkaisella puolella tai ohuiden seinämien lähellä.

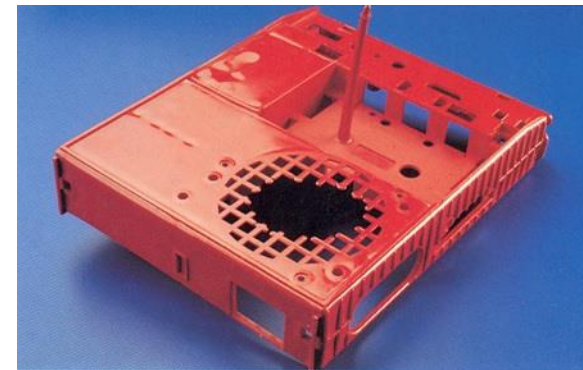
Valuvirheet voivat joskus johtua riittämättömistä (tai kokonaan puuttuvista) ilmanpoistokanavista ja siten sijaita tietyssä kohdassa valukappaletta.



Ilmaa ruiskuvaletussa tuotteessa



Epätäydellinen ristikko tuotteessa

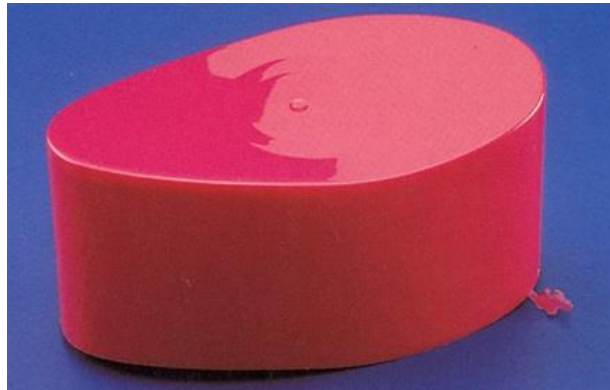


Epätäydellinen ristikko

Kappaleet, joissa on purseita

Tämä virhe esiintyy yleensä ulostyöntimien tai ilmanvaihtokanavien läheisyydessä tapauksissa, kun muotti on jaettu.

Purseet voivat olla joko huomaamattomia tai helposti havaittavissa.



Purse ilmanvaihtokanavan vieressä

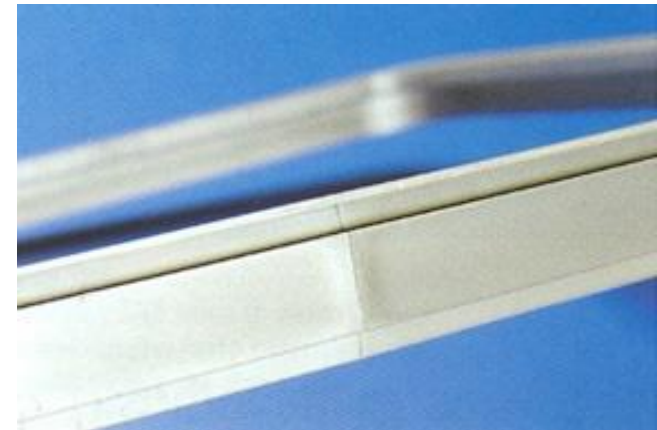
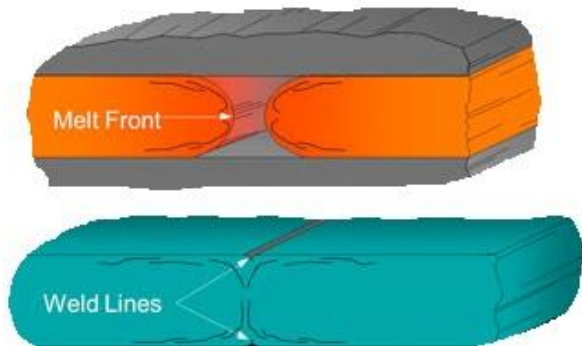


Purse muotin jakokanavan yhteydessä

VALUJÄLJET

Valujäljet ovat esteettisiä virheitä, jotka liittyvät mekaanisten ominaisuuksien paikalliseen katoamiseen.

Valujäljet näkyvät helposti läpinäkyvissä kappaleissa, värjätyissä tuotteissa ja polymeerituotteissa, joissa on metallipigmenttejä.

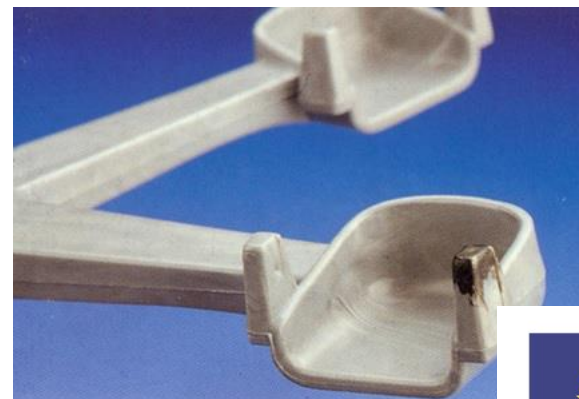
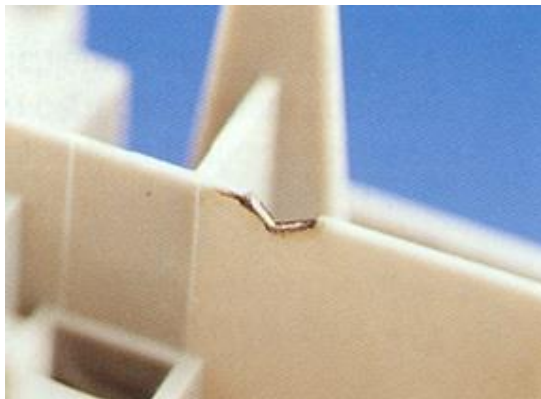


PALOJÄLJET

Virhe näyttäytyy ruskeana tai mustana merkinä muoviosan pinnalla.

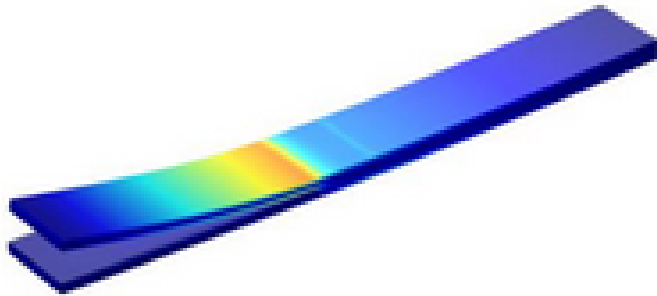
Palojälkiä syntyy, kun ilma ei pääse poistumaan muotista. Palojälki muodostuu, kun muottiin jäänyt ilma lämmitetään nopeasti puristuksen aikana, jolloin ympäröivä muovi palaa.

Virheen estämiseen käytetään iskun nopeusprofiileja, jotka antavat ilmalle lisää aikaa poistua muotista.



DELAMINOITUMINEN

Paikallinen osittainen pinnan irtoaminen.
Yleisin syy delaminoitumiseen on ylisuuri ruiskutusnopeus.



TIIVISTYMISJUOVAT

Käärmemäinen polymeerin sulavirtaus muodostuu, kun sula puristuu suurella nopeudella rajoitettujen alueiden, kuten suuttimen, sulakanavien tai portin läpi avoimemmille ja paksummille kohdille, jotka eivät ole kosketuksissa muotin seinämän kanssa.

Tiivistymä ruiskutusasteessa muodostuu sulasta ja aiheuttaa pienen valuvirheen. Tiivistymät voivat johtaa osien heikkenemiseen, virheisiin pinnoilla sekä kappaleen sisäisiin virheisiin.



Imujälki

Visuaalinen virhe valetun kappaleen pinnalla.

Imujäljet aiheutuvat erilaisesta kutistumasta tilavuudessa. Näitä näkyy tyypillisesti valukanavien ja ruiskutuspuisteiden vastakkaisella puolella sekä huomattavasti paksummilla alueilla, joissa volumetrinen kutistuma ei ole riittävä pakkautumisvaiheen vuoksi.



Valuhuokokset

Valuvirhe, joka johtuu muovin vetäytymisestä sulan keskeltä, kun sula muovi jäähtyy.

Huokokset johtuvat materiaalin kutistumisesta jäähtymisvaiheessa. Huokonen on kosmeettinen virhe, jos materiaali on läpinäkyvää ja huokonen on suuri ja kappaleen pinnalla. Huokosten muodostumista voidaan estää käyttämällä tarpeeksi korkeaa muottipainetta pakkautumisvaiheessa.



ERKAUMA

Virhe ilmenee, kun sula erkanee termisesti liian suuren kitkan vuoksi tai kun sula on liian pitkän aikaa kammiossa liian korkeassa lämpötilassa.



Liian pitkä aika



Liian suuri kitka



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



Esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien omia, eivätkä ne välttämättä edusta Euroopan komission kantaa. Euroopan komissio tai sen puolesta toimivat henkilöt eivät ole vastuussa siitä, miten tämän julkaisun sisältämiä tietoja käytetään.



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta



PACKALL

PackAlliance:
European alliance for innovation training
& collaboration towards future packaging



Korkeakoulut ja yritykset yhdessä.



CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE
OF THE EBRO VALLEY



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI SALERNO



El poder de la colaboración



PLASTICS INNOVATION POLE

Tekijänoikeus: CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Tämä lisenssi sallii muiden levittää ja muokata teosta ja luoda sen pohjalta uusia teoksia, mutta ei kaupalliseen käyttöön.

Kuitenkin vain seuraavilla ehdoilla:

Nimeä — Sinun on asianmukaisesti mainittava alkuperäinen tekijä, annettava linkki lisenssiin ja ilmoitettava, onko muutoksia tehty. Voit tehdä sen millä tahansa kohtuullisella tavalla, mutta et millään tavalla, joka viittaa siihen, että lisenssinantaja tukee sinua tai käyttöäsi.

EiKaupallinen — Et saa käyttää materiaalia kaupallisiin tarkoituksiin.

JaaSamoin — Jos muunnat tai luot materiaalin pohjalta uutta materiaalia, sinun on jaettava tuotoksesi samalla lisenssillä kuin alkuperäinen.

Ei lisärajoituksia — Et saa soveltaa laillisia ehtoja tai teknisiä toimenpiteitä, jotka laillisesti estävät muita tekemästä mitään, mitä lisenssi sallii.



Yhteisrahoitettu
Euroopan unionin
Erasmus+ -ohjelmasta

Hanke on rahoitettu Euroopan komission tuella.
Tästä julkaisusta [tiedotteesta] vastaa ainoastaan sen laatija, eikä komissio ole vastuussa siihen sisältyvien tietojen mahdollisesta käytöstä.