

Ruiskuvalukoneen valukierto

Tuula Höök – Tampereen teknillinen yliopisto

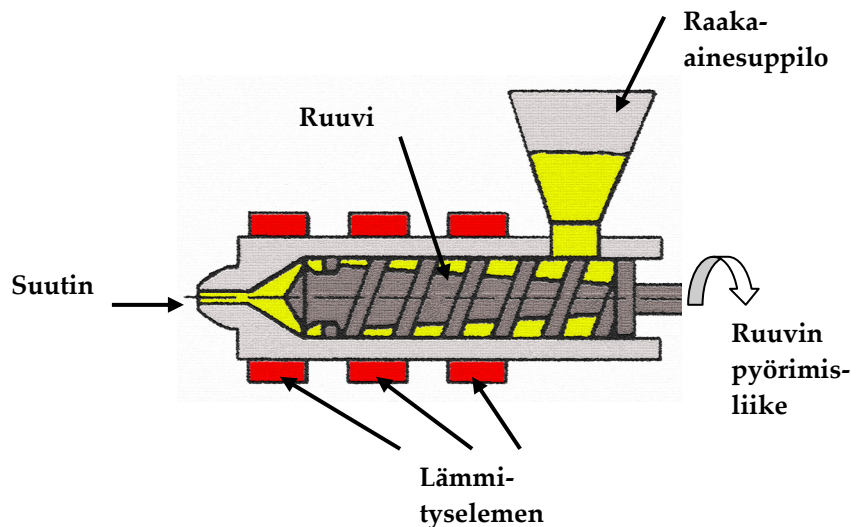
Ruiskuvalukoneen valukierto muodostuu seuraavista vaiheista. Kuhunkin vaiheeseen kuluva aika on esitetty karkeana arviona. Ajat riippuvat osin toisistaan.

- (Ruiskutusyksikön liike eteenpäin)
- Muoviraaka-aineen ruiskutus, 0,1 – 4 sekuntia
- Jälkipaine, 2 – 5 sekuntia
- (Ruiskutusyksikön liike taaksepäin)
- Kappaleen jäähtyminen ja jähmettyminen, suunnilleen $2 s^2$ sekuntia, kun s = kappaleen paksuimman seinämän paksuus millimetreissä
- Keernojen liike ulospäin (tarvittaessa), 2 – 7 sekuntia
- Muotin avautuminen, kappaleen ulostyöntö ja poistaminen muottitilasta, 2 – 15 sekuntia
- Kappaleen poistumisen todentaminen, muiden vaiheiden ohella
- Muotin sulkeminen, 1 – 2 sekuntia
- Keernojen liike sisään päin (tarvittaessa), 2 – 7 sekuntia
- Seuraavan raaka-aineannoksen syöttäminen ruuville ja sulattaminen, muiden vaiheiden ohella

Valukiertoon kuluva kokonaisaika riippuu monista tekijöistä. Kappaleen seinämänpaksuus vaikuttaa eniten. Liikkuvat keernat ja kappaleen poistamiseen käytettävät automaatiolaitteet voivat pidentää jaksonaikaa huomattavasti.

Muoviraaka-aineen ruiskutus

Ruiskuvalukone koostuu ruiskutusyksiköstä (injection unit), muotin sulkuyksiköstä (mould closing unit), ulostyöntöyksiköstä (ejection unit), keernanvetoyksiköstä (core pulling unit) ja jäähdytysyksiköstä (cooling unit). Ruiskutusyksikön päätehtävä on sulattaa muoviraaka-aine ja ruiskuttaa se muottipesään. Seuraava kuva esittää ruiskutusyksikön rakenteen kaaviona.



Kuva 1. Ruiskuvalukoneen ruiskutusyksikön pääosat

Muovin ruiskuttaminen kestää 0,1 – 4 sekuntia valettavasta muovimateriaalista ja kappaleen muodoista riippuen. Tavallisesti ruuvi liikutetaan eteenpäin ennen ruiskuttamista siten, että suutin koskettaa muottiin. Ruiskutusyksikköä ei ole aina tarpeen irrottaa muotista valukiertojen välillä, mutta tavallisimmin se liikutetaan taaksepäin heti, kun jälkipaineaika on kulunut ja vastaavasti eteenpäin ennen ruiskuttamista.

Ruiskutusyksikkö toimii osin itsenäisesti. Ruiskutusyksikön pääosat ovat ruuvi (screw) ruuvikammion (screw chamber) sisällä, lämmityselementit (heating elements) ruuvikammion ympärillä ja raaka-ainesuppilo (hopper) yksikön päällä. Raaka-aine täytetään suppiloon granulaattina tai pelletteinä. Tyypillinen granulaattikoko on muutama millimetri. Suppilo avautuu ennen ruiskutusvaihetta ja asetettu annoskoko granulaatteja putoaa ruuvin päälle ruuvikammioon. Ruuvi, lämmityselementit ja ruuvikammio toimivat yhdessä sulattaen muovin ja tehden siitä juoksevampaa. Kun ruiskutusvaihe alkaa, ruuvia liikutetaan eteenpäin ruuvikammion sisällä, jolloin se työntää muoviannoksen edellään muottiin. Ruuvi pysyy etuasennossa jälkipaineajan loppuun saakka.

Jälkipaine

Kun muottipesät ovat kokonaan täynnä, ruuvi alkaa työntää muotin sisällä olevaa muovia asetetulla paineella. Paine säilytetään niin kauan kuin muovi on juoksevassa muodossa. Jälkipaineen suuruus vaikuttaa huomattavasti valmistuvan kappaleen mittoihin. Kappaleen mitat kasvavat, jos painetta kasvatetaan ja pienentyvät, jos painetta pienennetään. Ilmiö johtuu sulan muovin kokoonpuristuvuudesta.

Muottipesien sisällä oleva paine on suurempi porttien läheisyydessä kuin kaukana porteista. Tästä syystä kappaleen mitat ovat porttien läheisyydessä suuremmat kuin muualla. Porttien sijoittelu täytyy miettiä tarkkaan, jotta kappale ei vääntyile muotista poistamisen jälkeen.

Kappaleen jähmettyminen ja jäähtyminen

Muottiin ruiskutettu muoviraaka-aine alkaa jäähtyä heti, kun ensimmäinen kerros on kosketuksissa muottipesän pinnan kanssa. Jähmettymisaika on suunnilleen $2s^2$ sekuntia, kun s = kappaleen maksimiseinänpaksuus millimetreissä. Kappaleen maksimiseinänpaksuus vaikuttaa valukierron kokonaisaikaan erittäin paljon.

Keernojen liike eteenpäin

Keernojen liikuttamisvaihe tarvitaan, jos kappaleessa on sellaisia vastapäästöllisiä muotoja, jotka vaativat liikkuvan keernan. Joissain tapauksissa matalat vastapäästöt voidaan tuottaa ilman erityisiä mekaanisia laitteita. Osa muoveista on joustavia, jolloin kappale voidaan työntää voimalla vastapäästöllisen muodon yli. Keskikokoiset vastapäästöt voidaan valmistaa vinotapilla liikutettavalla luistimekanismilla tai jollain muulla muotin avautumisliikkeen välityksellä toimivalla mekanismilla. Luistimekanismi hidastaa muotin avautumista hiukan, mutta ei kuitenkaan 0,5 – 2 sekuntia enempää. Vinotapilla liikutettava luistirakenne on mahdollinen, jos keernan liikkeen ei tarvitse olla enempää kuin 50 – 60 mm.

Jos liikkuva keerna on hyvin korkea, se täytyy siirtää keernanvetosylinterillä. Keernanvetosylinterit ovat useimmiten hydraulisylintereitä, joissa on pääteasema-anturit. Rakenteen hidastaa keernanvetoa, koska pääteasema-antureiden tila täytyy tarkistaa ennen kuin kone voi jatkaa kiertoa. Jos keerna jää jostain syystä muotin sisälle, muotti rikkoontuu, jos kone alkaa avautua.

Jos kappaleessa on monimutkaisia muotoja, jotka vaativat keernojen vetämistä useissa vaiheissa, tarvittava aika vähintään kaksinkertaistuu. Jotta valukierrosta tulisi mahdollisimman lyhyt ja muottikustannuksista mahdollisimman pienet, kappale täytyisi pitää niin yksinkertaisena kuin mahdollista. Ei korkeita liikkuvia keernoja, jos mahdollista. Ei keernanvetoja useissa vaiheissa. Keernanvetovaiheet toistuvat päinvastaisessa järjestyksessä, kun muotti sulkeutuu. Liikkeisiin voi kulua yhteensä jopa 8 – 14 sekuntia.

Muotin avautuminen, kappaleen ulostyöntö ja poistaminen muottitilasta

Muotin avautuminen tapahtuu nopeasti. Se kestää tavallisesti 1 – 3 sekuntia avautumisliikkeen pituudesta riippuen. Avautuminen hidastuu 1 - 2 sekuntia, jos koneen turvaovi avataan ja tarkistetaan oven pääteasema-anturien tila. Pääteasema-anturien tarkistaminen on tarpeellinen vaihe erityisesti, jos kappaleen poistamiseen käytetään robottia tai jotain muuta automaatiolaitetta.

Kun muotti on kokonaan auki, valukoneen ulostyöntöjärjestelmä työntää kappaleen ulos muotista. Ulostyöntö tapahtuu periaatteessa hyvin nopeasti, mutta jos valukoneeseen on liitetty kappaleenpoistoautomaatti, ulostyöntöä täytyy viivästyttää, kunnes automaatti on luotettavasti valmiusasemassa ottamassa kappaletta vastaan.

Nopein mahdollinen tapa poistaa kappale muotista on pudottaa se suoraan koneen läpi liukuhihnalle tai koriin. Manuaalinen kappaleen poisto on hiukan hitaampaa, mutta toisaalta nopeampaa kuin poistaminen robotin kanssa. Manuaalisesti tehty toimenpide on nopeampi, vaikka kappaleen poistajan täytyy käynnistää valukierron seuraava vaihe käynnistysnappia painamalla. Robotti tai muu automaatiolaitte on hitain. Automaatiolaitteet tarvitsevat erilaisia monitorointivaiheita eikä robottia voi asettaa suurimmalle mahdolliselle liikenopeudelle sen liikkuaessa ahtaassa muottitilassa. Automaattisen kappaleenpoiston nopeutta voi kasvattaa suunnittelemalla tarttuvia viisaasti siten, että robotin tarvitsee tehdä vain lyhyitä ja mahdollisimman suorita liikkeitä.

Kappaleen suunnittelija ei välttämättä voi vaikuttaa kappaleenpoiston menetelmään. Ruiskuvaluyritys valitsee sopivimman menetelmän eräkoosta ja kappaleen tuotantokustannuksista riippuen.

Kappaleen poistumisen todentaminen

Kappaleen muotista poistuminen täytyy todentaa, jos ruiskuvalukoneeseen on liitetty automaatiolaitteita. Muotista poistumisen todentaminen on eri asia kuin kappaleen laadun todentaminen, vaikka siihen käytettäisiinkin vastaavia konenäkölaitteita. Vaiheen tarkoituksena on suojella muottia. On mahdollista, että kappale tai sen osa jäänyt muottiin kiinni, jolloin koneen valukierto täytyy pysäyttää. Muotti voi vaurioitua, jos kone sulkee sen yhdessä kiinni jääneen kappaleen kanssa.

Poistuminen voidaan todentaa muiden vaiheiden ohessa, jolloin se ei yleensä kasvata valukierron aikaa.

Muotin sulkeminen ja keernojen liike takaisin

Nämä ovat viimeiset vaiheet ennen seuraavan valukierron alkua. Keernojen takaisin liikuttaminen vie suunnilleen saman ajan kuin niiden ulos liikuttaminen.

Valukierron kokonaisaika

Valukierron kokonaisaika vaihtelee noin 7 sekunnista reiluun minuuttiin. Määrävimmit valukierron pituuteen vaikuttavat tekijät ovat:

- Kappaleen maksimiseinämänpaksuus
- Liikkuvien keernojen liikkeiden tehokkuus
- Kappaleenpoistolaitteen liikkeiden tehokkuus

Valukappaleen suunnittelija pystyy vaikuttamaan kahteen ensimmäiseen tekijään.