

Kone- ja laiteympäristö

Tuula Höök – Tampereen teknillinen yliopisto

Tekstissä tarkastellaan muovien ja vahojen ruiskuvalukoneita, EPS -muotovalukoneita, painevalukoneita, matalapainevalukoneita ja kokillivalukoneita sekä niiden ympärillä olevia laitteita. Suurin osa koneisiin ja laitteisiin liittyvistä yksityiskohdista on tärkeitä muotin suunnittelijalle, mutta myös kappaleen suunnittelijan tulee olla selvillä tuotantokoneiden rakenteesta. On tärkeää tietää esimerkiksi, avautuuko valukone pysty- vai vaakasuuntaisilta muottipöydiltä tai onko koneessa mahdollista käyttää liikkuvia keernoja. Näillä yksityiskohdilla on vaikutusta sekä kappaleen että muotin muotoiluun.

Muovien ruiskuvalu ja metalliseosten painevalu ovat vanhoja ja paljon käytettyjä perusvalutekniikoita, joiden pohjalta on kehitetty muutamia uusia tekniikoita. Näitä uusia tekniikoita ovat painevaluun liittyen esimerkiksi:

- squeeze casting
- semi-solid –tekniikat

ja ruiskuvaluun liittyen esimerkiksi:

- metallien ja keraamien ruiskuvalu
- kaasuvusteinen ruiskuvalu
- ruiskuvalun monikomponenttitekniikat.

Metallien ja keraamien ruiskuvalussa käytetään samoja koneita kuin tavanomaisessa muovien ruiskuvalussa. Metallit tai keraami jauhetaan hienoksi pulveriksi, sekoitetaan polymeeripohjaiseen sideaineeseen ja valetaan muottiin. Valun jälkeen kappale sintrataan, jolloin se saavuttaa lopullisen lujuuden ja jäykkyyden. Kaasuvusteisessa ruiskuvalussa, monikomponenttitekniikoissa ja muissa uusissa ruiskuvalutekniikoissa käytetään tavallista ruiskuvalukonetta, mutta joko koneeseen tai muottiin täytyy yhdistää erilaisia lisälaitteita. Squeeze casting –koneissa on pystysuuntaan asetettu valukammio muotin alapuolella. Koneen perusrakenne on muilta osin sama kuin tavallisessa painevalu- tai ruiskuvalutekniikassa. Semi-solid –tekniikoita voidaan soveltaa tavallisella painevalukoneella.

Painevalutekniikka jakaantuu kahteen menetelmään: kuumakammio- ja kylmäkammiomenetelmä. Kuuma- ja kylmäkammiopainevalukoneiden valuyksikön rakenne on erilainen. Erot on esitetty myöhemmin tekstissä.

Yksinkertaisimmat kokilli- ja matalapainevalukoneet ovat muotin aukaisulaitteita. Pienikokoinen kokillimuotti ei välttämättä tarvitse valukonetta ollenkaan, koska muotti voidaan saranoida ja avata manuaalisesti. Vaatimaan tuotantoon valitaan pitemmälle automatisoitu kone, jossa on mekanismit kappaleen ulostyöntöä ja keernojen liikuttamista varten. Koneissa voi olla samanlainen johderakenne kuin ruisku- tai painevalukoneissa, mutta ne voivat olla myös karusellityyppisiä. Kokillivalukoneita valmistetaan tavanomaisen aukaisurakenteen lisäksi versioina, joissa muotti avataan pystysuoran jakopinnan lisäksi ylöspäin.

Vahojen ruiskuvalukoneet muistuttavat muoveille tarkoitettuja ruiskuvalukoneita. Vahamalleja käytetään tarkkuusvalutekniikassa. EPS muotovalukoneilla valmistetaan erilaisia pakkauslaatioita ja -tarvikkeita. Niillä valmistetaan myös sarjat tuotantoon sovelletussa styroxvalutekniikassa (lost foam -tekniikassa) tarvittavat styroxmallit. Molemmissa koneissa on tyypillisesti samanlaiset johdeilla liikkuvat muottipöydät kuin useimmissa muissakin valukoneissa.

Valukoneiden pääosat ovat:

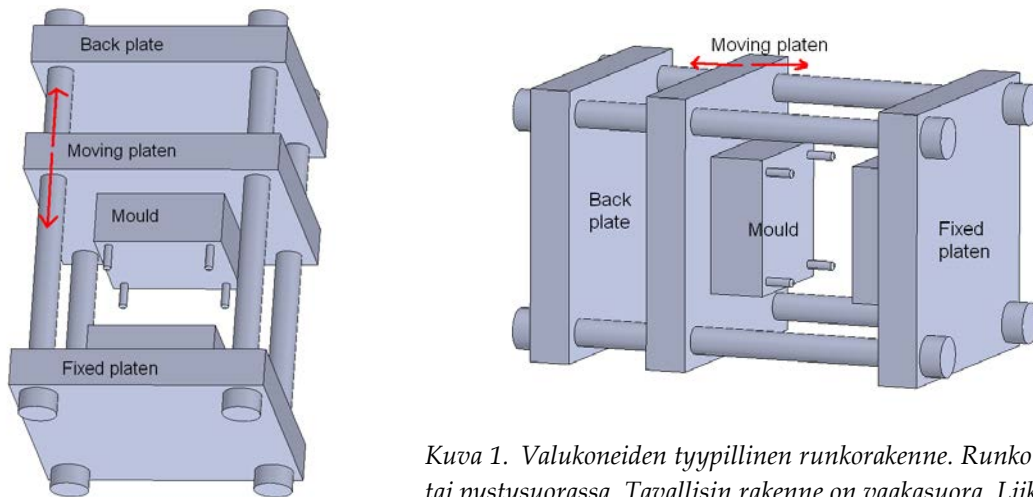
- **Muottipöydän avaus/sulkuyksikkö**
- **Ruiskutus- tai valuyksikkö:**
 - muovien ja vahojen ruiskuvalukoneen ruiskutusyksikkö koostuu annostelulaitteesta, ruuvista, sylinteristä ruuvin ympärillä ja suuttimesta
 - painevalukoneen valuyksikkö koostuu valukammioista, männästä ja mäntää liikuttavasta hydraulikasta
 - EPS muotovalukoneen valuyksikkö koostuu esipaisutettujen polystyreenirakeiden annostelulaitteesta, höyrystyslaitteesta ja jäähdytyslaitteesta
 - kokillivalukoneessa ja matalapainevalukoneessa ei ole erillisiä valuyksiköitä lainkaan, mutta matalapainevalukoneen ohjaus säättää laitteistoon kuuluvan kuumanapitouunin painetta siten, että muotti täyttyy oikea-aikaisesti
- **Ulostyöntöyksikkö:**
 - ulostyöntösylinteri tai sähköinen ulostyöntölaite kokonaan sähköisissä valukoneissa; tuottaa käyttövoiman muotin ulostyöntöliikkeelle
 - kytkin tai mekanismi, jolla muotin ulostyöntöjärjestelmä liitetään ulostyöntösylinteriin tai muuhun ulostyöntöä liikuttavaan laitteeseen
- **Keernanvetoyksikkö:**
 - hydrauliset, pneumaattiset tai sähköiset ulostulot, jotka liikuttavat muotin keernanvetolaitteita ja/tai antavat niille käyttövoiman
- **Jäähdytysyksikkö:**
 - järjestelmä, joka kierrättää jäähdytysnestettä muotin sisällä, voi olla myös erillinen laite tai tehtaalla keskusjärjestelmä

Uusien koneiden ohjausyksikkö on varustettu erilaisilla ohjaus- ja säätöalgoritmeilla. Nämä helpottavat koneen käyttäjän työtä ja antavat mahdollisuuden kerätä seurantatietoja koneen toiminnasta ja valuprosessista. Jotkin koneet hyödyntävät verkkotekniikkaa siten, että useammasta valukoneesta voidaan kerätä prosessitietoa keskitetysti laitteiden toimintaa valvovan henkilön käyttöön.

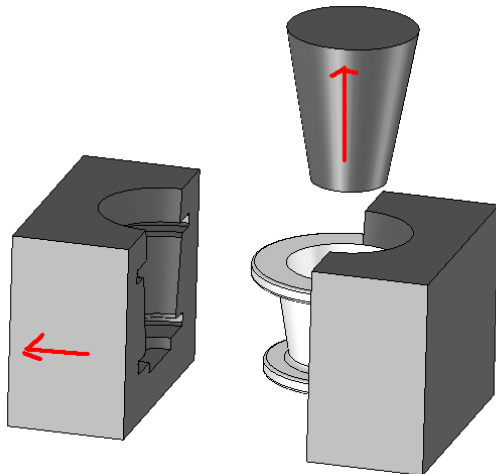
Valukoneiden runkorakenne ja avaus/sulkumekanismi

Johteelliset valukoneet ovat runkorakenteeltaan samankaltaisia. Tyypillinen rakenne on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 1). Rakenteeseen kuuluu kaksi muottipöytää, takalevy, hydraulinen tai sähköinen muottipöydän avaus/sulkumekanismi sekä useimmissa konetyypeissä aisat, jotka ohjaavat muottipöytien liikettä ja tukevat rakenteen. Joissain koneissa ei ole lainkaan aisoja, mutta tällainen rakenne ei ole yhtä tavallinen kuin aisallinen rakenne.

Karusellityyppisiä valukoneita tehdään kokilli- ja matalapainevalua varten. Tyypillinen rakenne on esitetty kuvassa 3. Kone pystyy avaamaan ja kääntämään muotin siten, että se voidaan kastaa työkierron aikana peitustus- ja jäähdytysnesteeseen. Runkorakenne sopii pienikokoisille muoteille.



Kuva 1. Valukoneiden tyypillinen runkorakenne. Runko voi olla vaakatai pystysuorassa. Tavallisin rakenne on vaakasuora. Liikkuvan muottipöydän (moving platen) siirtävää mekanismi on takalevyn ja liikkuvan pöydän välissä. Muotissa on vain yksi jakopinta. Vastapäästöt täytyy toteuttaa luisteilla tai hydraulitoimisilla liikkuvilla keurnoilla. Kokilli- ja matalapainevalukappaleissa on mahdollista käyttää myös hiekkakeurnoja.

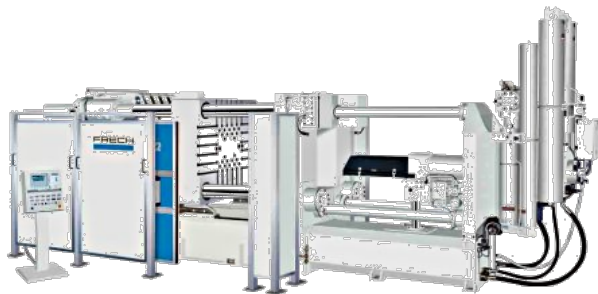
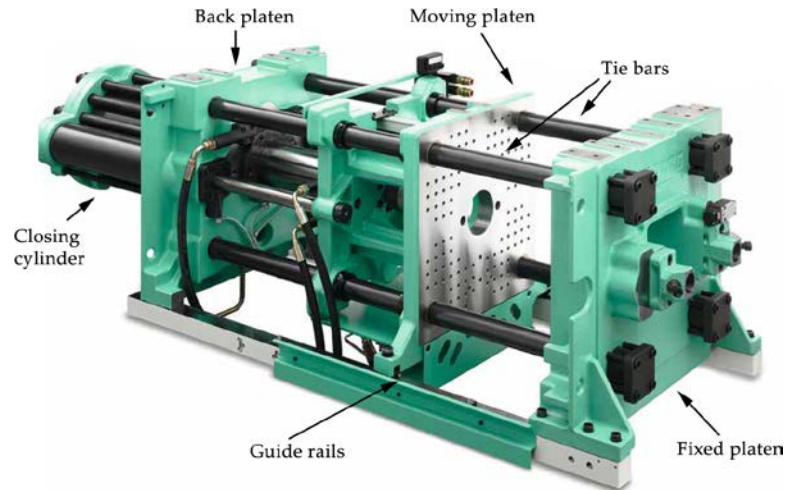


Kuva 2. Joissain kokillivalukoneissa on mahdollista avata muotti kahdelta jakopinnalta siten, että toinen jakopinta on pysty- ja toinen vaakasuuntainen. Kappaleen voi muotoilla tällöin siten, että sen sisälle tulee massiivinen liikkuva metallikeurna. Vastaavan rakenteen voi toteuttaa myös halkeavalla muotilla. Tällöin työkalusta tulee huomattavasti kalliimpi, mutta koneelta ei vaadita erikoisominaisuuksia.

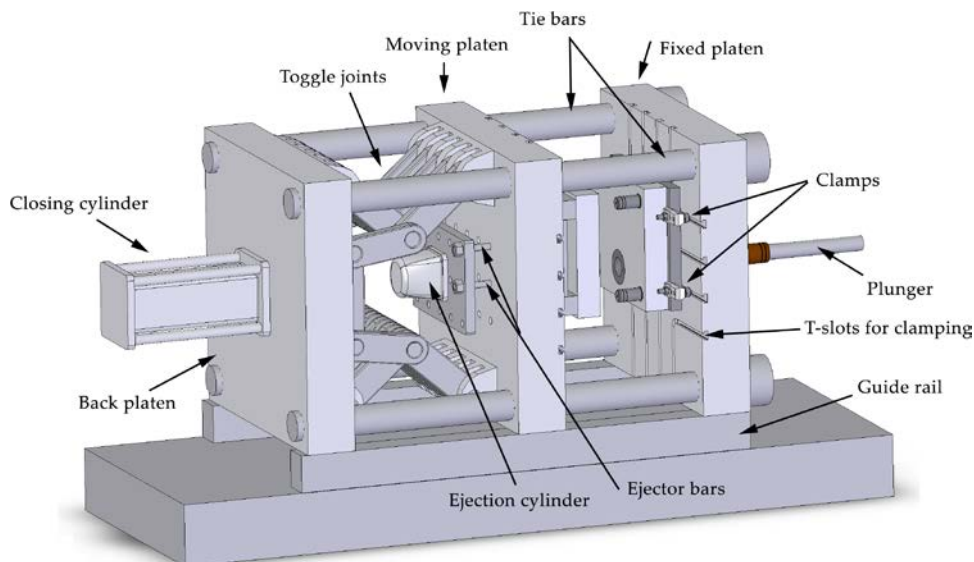


Kuva 3. Karusellityyppisen matalapainevalukoneen runkorakennetta sekä koneeseen kiinnitetty muotti. Runkorakenne poikkeaa edellä esitetystä. Muotti avautuu yhdeltä jakopinnalta, kuten tavanomaisessa johteisiin perustuvassa ratkaisussa. Karusellityyppiset kokillivalukoneet ovat samantapaisia.

Kuva 4. Tavanomaisin valukoneiden runkorakenne ruiskuvalukoneessa. Runko koostuu neljästä aisasta (tie bars), jotka on kiinnitetty muttereilla takalevyn (back platen) ja kiinteän muottipöydän (fixed platen) väliin. Sulkusylinteri (closing cylinder) liikuttaa liikkuvaa muottipöytää (moving platen) edestakaisin. Liikkuva pöytä kulkee kiskojen (guide rails) päällä. Aisat kulkevat liikkuvan muottipöydän läpi ohjaten sen liikettä. Koneen kuva: Arburg, <http://www.arburg.com>



Kuva 5. Kylmäkammiopainevalukone. Koneen perusrakenne on sama kuin ruiskuvalukoneessa. Kuva: Frech, <http://www.frech.com>



Kuva 6. Kylmäkammiopainevalukoneen perusrakenne kaaviona. Ruiskuvalukone on hyvin saman kaltainen. Eroja on valuyksikön rakenteessa, ulostyönön kiinnityksessä ja muotin kiinnityksessä. Painevalukoneen muottipöydissä on T-urat muotin kiinnittämistä varten, pienissä ja keskikokoisissa ruiskuvalukoneissa usein kierrereitit.

Ruisku- ja painevalukoneiden valutapahtuman aikana muottipesään kertyy painetta, joka pyrkii murtamaan muotin auki. Koneet on luokiteltu sulkuvoiman perusteella eri kokoluokkiin. Sulkuvoima tuotetaan polvinivelrakenteella (toggle joints, Kuva 6), jotta varsinaiseen sulkuliikkeen toteuttavaan laitteeseen (closing cylinder, Kuva 6) ei kohdistuisi liikaa räsitystä.

Taulukossa 1 luetellaan joidenkin saatavilla olevien ruisku- ja painevalukoneiden sulkuvoimat kilonewtoneina (kN). Sulkuvoima on voima, jolla kone pystyy pitämään muottipöydät suljettuina muotin täyttämisen (ruiskutuksen tai valuiskun) aikana. Sulkuvoima asettaa rajat koneella valmistettavan kappaleen maksimikoolle. Kaikkein eniten vaikutusta on kappaleen projektiopinta-alalla. Projektiopinta-ala (A) on jakotasolle projisioitu kappaleen poikkipinta-ala. Muotin täyttäminen paineistaa pesän sisällä olevan sulan raaka-aineen paineeseen (P). Sulaa muovia ja metalliseosta voidaan käsitellä nesteinä. Paine jakaantuu nesteessä tasaisesti ja aiheuttaa muottia murtavan voiman (F), joka on suunnilleen $F = P \cdot A$. Valukoneen sulkuyksikön täytyy tuottaa muottia murtavaa voimaa huomattavasti suurempi sulkuvoima, jotta muotti pysyy tukevasti kiinni valun aikana.

Valuyrityksen tehtäviin kuuluu valita tilatulle ruisku- tai painevalukappaleelle sopivan kokoinen kone. Painevalukoneen valinta perustetaan suurelta osin sulkuvoiman tarpeeseen. Toinen tärkeä valintakriteeri on koneen valuyksikön mahdollisuus tuottaa riittävä tiivistyspaine valuiskun kolmannessa vaiheessa. Koneeseen voidaan vaihtaa suurempi tai pienempi kauha ja valukammio valettavan kappaleen tilavuudesta riippuen. Kappaleen tilavuus ei sen vuoksi ole yhtä merkityksellinen valintakriteeri. Ruiskuvalukoneen valinta tehdään sulkuvoiman, ruuvin kapasiteetin ja maksimiruiskutuspaineen perusteella. Ruuvin kapasiteetti vaikuttaa siihen, kuinka suuri tilavuus muovisulaa pystytään tuottamaan valukiertoa kohti eli minkä kokoinen kappale voidaan valaa kerralla.

Taulukko 1. Joitain ruisku- ja painevalukonevalmistajia ja tarjolla oleva konevalikoima sulkuvoiman mukaan luokiteltuna.

Ruiskuvalukoneiden valmistajia	Painevalukoneiden ja squeeze casting koneiden valmistajia
Arburg http://www.arburg.com , (125 - 5 000 kN)	Bühler http://www.buhlergroup.com , (2 600 - 13 000 kN)
Demag http://www.dpg.com , (500 - 20 000 kN)	Frech http://www.frech.com (2 750 - 52 000)
Engel http://www.engelglobal.com , (280 - 55 000 kN)	Idra http://www.idragroup.com (2 500 - 36 000 kN)
Ferromatik Milacron http://www.ferromatik.com , (300 - 4 500 kN)	Italpresse http://www.italpresse.it (300 - 47 000 kN)
KrausMaffei http://www.krausmaffei.com , (350 - 40 000 kN)	Toshiba http://www.toshiba-machine.co.jp (800 - 40 000 kN)
Toshiba http://www.toshiba-machine.co.jp , (200 - 35 000 kN)	

Kokilli-, matalapaine- ja EPS -muotovalussa muottiin ei kohdistu suuria auki murtavia voimia. Sulkuvoimalla ei ole tällöin suurta merkitystä. Polvinivelrakenteen voidaan jättää pois eikä rungon tarvitse olla yhtä tukeva kuin paine- ja ruiskuvalukoneilla. Koneen rajat tulevat vastaan lähinnä siinä kuinka suuri muotti koneeseen saadaan kiinnitettyä tai kuinka suuren avautumismatkan

muotti ja sillä valettava tuote vaatii. Lisäksi täytyy huomioida tarpeelliset toiminnot, esimerkiksi keernanveto ja ulostyöntö. Koneet luokitellaankin muottipöydän koon mukaan.

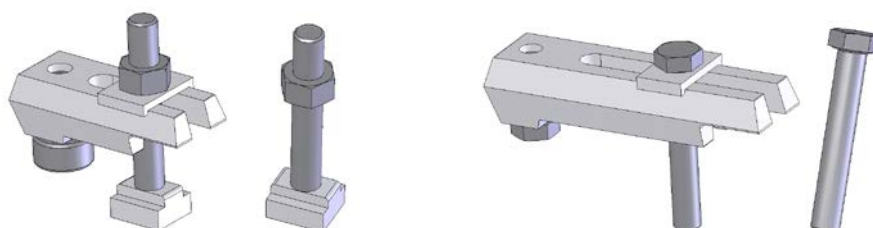
Taulukko 2. Joitain matalapainevalukoneiden, kokillivalukoneiden ja EPS -muotovalukoneiden valmistajia

Matalapaine- ja kokillivalukoneiden valmistajia	EPS –muotovalukoneiden valmistajia
<p>AFT Switzerland GmbH http://www.aft.ch karusellityyppisiä messingin matalapainevalukoneita</p> <p>Kurtz GmbH http://www.kurtz.de johteellisia koneita</p> <p>LPM Group http://www.lpm-it.com kokilli- ja matalapainevalukoneita</p>	<p>Erlenbach GmbH http://www.erlenbach.com</p> <p>Hirsch http://www.hirsch-gruppe.com</p> <p>Kurtz GmbH http://www.kurtz.de</p> <p>Teubert Maschinenbau GmbH http://www.teubert.de</p>

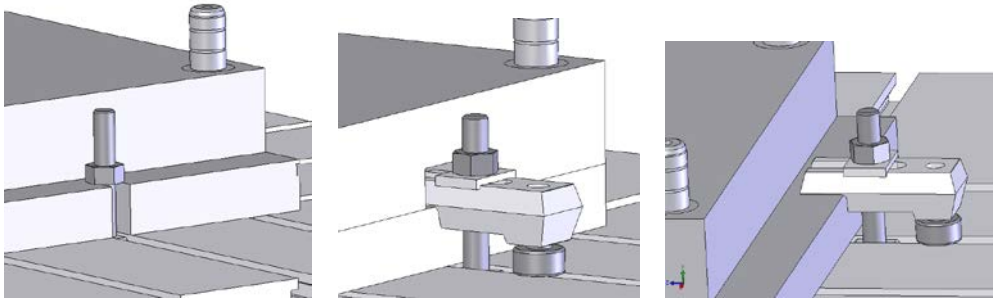
Muotin kiinnittäminen

Muotti kiinnitetään koneen pöytiin pulteilla, pulteilla ja kiinnitysraudoilla tai jollakin pikakiinnitysjärjestelmällä. Pultit ja kiinnitysraudat ovat tavanomaisin vaihtoehto. Pieni- tai keskikokoisten ruiskuvalukoneiden muottipöydissä on kierrereiät kiinnittämistä varten. Kiinnitysreiät ovat näkyvillä kuvassa 1. Painevalukoneen pöydissä on T-urat kiinnittämistä varten. Eräs pikakiinnitysjärjestelmä toimii magneetilla.

Kiinnitysreikien ja urien paikat on merkitty valukoneen pöytäkuviin, jotka ovat osa koneen teknisiä piirustuksia. Paikat on tärkeä tietää siinä vaiheessa, kun muottiin suunnitellaan kiinnityksiä. Muotin kiinnittämisessä on kolme vaihtoehtoa siinä tapauksessa, että kiinnitys tehdään perinteisesti pultein ja/tai kiinnitysraudoin. Katso jäljempänä olevat kuvat ja niihin liittyvät selostukset (Kuva 8). Yksinkertaiseltakin vaikuttavassa tapauksessa kiinnitysreikien ja reikien paikat täytyy tarkistaa, ettei tulisi vahingossa sijoittaneeksi jäähdytysaineletkun liitäntää tai jotakin sähköistä liitintä siihen kohtaan, mihin tulee kiinnitin. Tämän tyyppinen suunnitteluvirhe on varsin tavallinen, mutta valukoneen käyttäjän kannalta erittäin harmillinen erehdys.



Kuva 7. Vasemmalla: Painevalumuotin kiinnittimiä. Oikealla: Ruiskuvalumuotin kiinnittimiä.



Kuva 8. Kolme vaihtoehtoa kiinnittää muotti kiinnitysraudoilla ja/tai pulteilla. Kuvissa on painevalukoneen muottipöytä, jossa on T-urat. Kuva 1: Kiinnitys pelkillä pulteilla. Muotin suunnittelijan on tiedettävä tarkalleen, muottipöydässä olevan kiinnitysuran mitat ja paikka. Kuva 2: Muotin kiinnityslaatta on saman suuruinen kuin muottilaatta. Muottiin koneistetaan tasku, johon kiinnitysraudan pää asetetaan. Kiinnitysuran paikka on tiedettävä summittaisesti. Tavallisesti taskusta koneistetaan 10 – 20 mm leveämpi ja jonkin verran korkeampi kuin käytössä oleva rauta. Kuva 3: Kiinnitys muottilaatan yli ulottuvasta kiinnityslaatasta. Tieto kiinnitysuran paikasta ei periaatteessa ole tärkeä, koska kiinnitysrauta voidaan asettaa mihin tahansa kohtaan. Suunnittelijan täytyy kuitenkin huomioida, että jäähdytysaineletkun paikka tai minkään laitteen sähköliittimen paikka ei osu samaan kohtaan kuin kiinnitysrauta.

Muotin suunnittelijan täytyy kiinnittää huomiota valukoneen aisojen välimatkaan ja muotin maksimiavautumaan, koska ne määrittävät rajat tiettyyn koneeseen asennettavan muotin koolle. Aisojen välimatka ja maksimiavautuma on merkitty valukoneen pöytäkuvaan ja muihin teknisiin spesifikaatioihin.

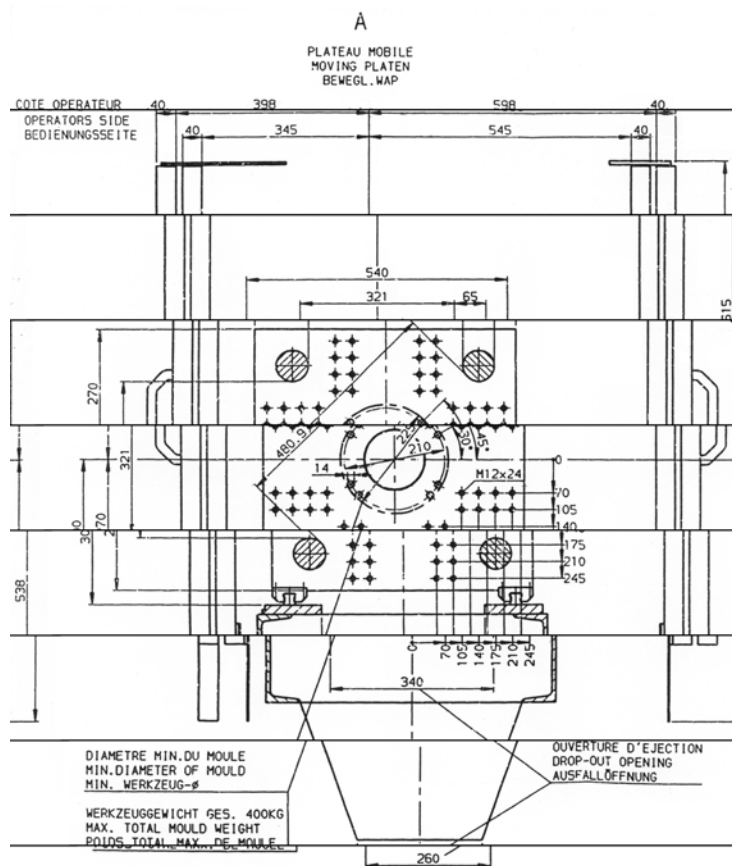
Muottia käsitellään tavallisesti nosturilla (Kuva 9). Tällöin on tärkeää huomioida aisojen välimatka vaakasuunnassa. Muottia on mahdollista kääntää, siirtää koneen takalevyä aina ääriasentoon saakka tai kiinnittää muottipuoliskot erikseen. Jos muotti ei vielä näidenkään toimenpiteiden jälkeen mahdu aisojen välistä, voidaan aisat ajaa ulos, mutta tämä on vasta aivan viimeinen vaihtoehto.

On olemassa muotinkäsittelylaitteita, joilla muotti asetetaan paikoilleen koneen sivulta vaakasuuntaisiin liikeradoin. Jos yrityksessä on tällainen laitteisto, aisojen pystysuuntainen etäisyys täytyy huomioida tarkemmin.

Toisinaan muottiin tulee joitakin suurikokoisia komponentteja muottilevyjen ulkopuolelle. Tavallimmat osat ovat suurikokoinen keernanvetosylinteri tai muottilaattojen ulkopuolelle asennettu luistipöytä. Muottisuunnittelijan on tarkistettava yhdessä valuyrityksen teknisen henkilökunnan kanssa, että nämä osat mahtuvat aisojen väliin. Jos osat ovat hyvin suuria, täytyy tarkistaa myös, että ne mahtuvat suojaovien sisäpuolelle.



Kuva 9. Muottia nostetaan paikoilleen. On olemassa laitteita, joilla muotti voidaan siirtää koneen sivulta paikoilleen, mutta nosturin käyttö on kuitenkin hyvin yleistä.

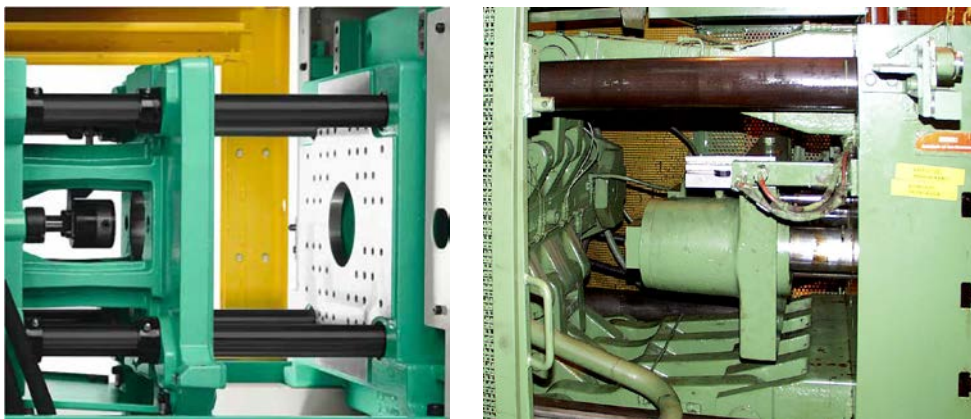


Kuva 10. Esimerkki ruiskuvalukoneen pöytäkuvasta. Kuva on Kraus Maffei -merkkisen ruiskuvalukoneen liikkuvasta muottipöydästä. Kuvassa on esitetty mitat koneen suojaoviin kiinnitysreikien paikkojen ja aisojen välimatkan lisäksi.

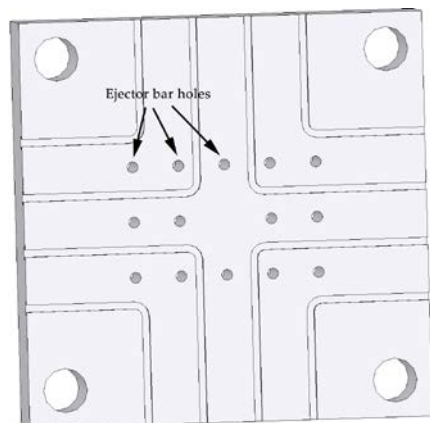
Ulostyöntöyksikkö

Koneen ulostyöntöyksikön perusosa on hydraulinen tai pneumaattinen sylinteri, joka tuottaa muotin ulostyöntöjärjestelmälle liikkeen eteen ja taakse. Kokonaan sähköisissä valukoneissa ulostyöntöyksikkö toimii sähköllä, mutta periaate ja tuotettu liike on sama. Ulostyöntösylinteri sijaitsee liikkuvan muottipöydän takana. Siinä on kytkinkomponentti tai jokin mekaaninen liitososa, johon muotin ulostyöntömekanismi kiinnitetään. Painevalumuotin ulostyöntömekanismi kiinnitetään koneeseen neljällä ulostyöntötangolla. Ruiskuvalumuotissa on vain yksi kiinnityskohta ulostyöntölaattojen keskellä. (Katso kuvat.)

Muottisuunnittelijan on otettava huomioon koneen tuottama maksimiulostyöntömatka. Kuvan 13 koneessa maksimiulostyöntömatka on 100 mm. Matka vaihtelee konetyypeittäin ja koneen koon mukaan.

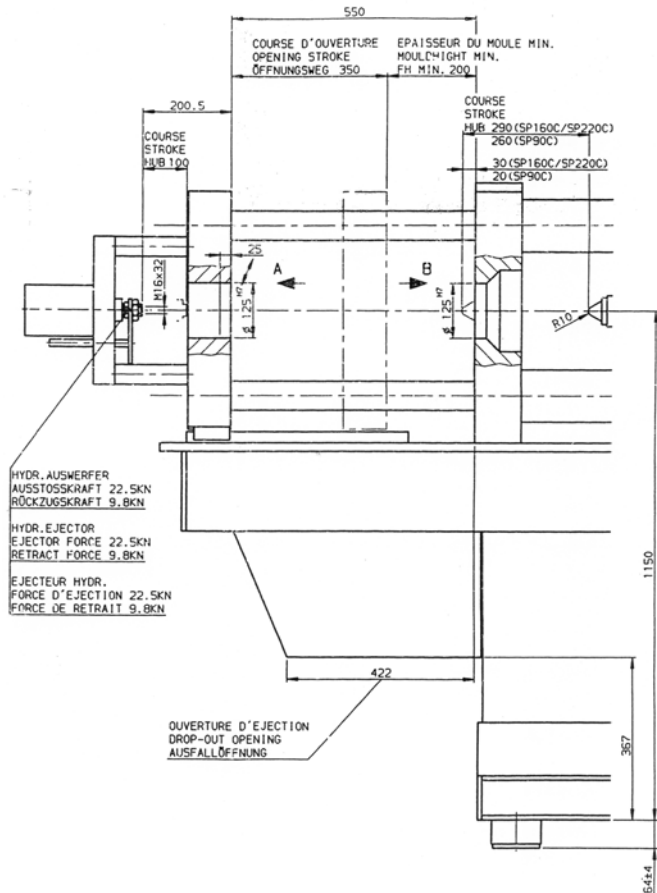


Kuva 11. Vasemmalla: Tyypillinen ruiskuvalukoneen ulostyöntöyksikkö. Koneessa on vain yksi kiinnityskohta, johon muotin ulostyöntölaatat kiinnitetään. Kuvan koneessa on ulostyöntön pikakiinnitysyksikkö. Kuva: Arburg, <http://www.arburg.com> Oikealla: Painevalukoneen ulostyöntöyksikkö. Kuvan koneessa on kaksi ulostyöntösylinteriä, jotka on asetettu liikkuvan muottilaatan taakse. Sylinterit on liitetty toisiinsa yhdeksi yksiköksi paksulla valurautaisella runkolevyllä.



Kuva 12. Painevalukoneen ulostyöntöyksikkö kiinnitetään muotin ulostyöntömekanismiin neljällä ulostyöntötangolla. Tangot kulkevat liikkuvan muottipöydän läpi väljissä rei'issä. Reikien paikat on merkitty valukoneen pöytäkuviin. Ulostyöntötankojen päissä on kiertet molemmissa päissä. Koneen puoleinen pää kiinnitetään mutterilla ja toinen pää kierretään suoraan muotin ulostyöntölaattoihin kiinni. Uusissa painevalukoneissa on erilaisia pikakiinnitysmekanismeja.

Kokilli- ja matalapainevalukoneissa ei ole aina lainkaan ulostyöntöyksikköä. Massiiviset ja/tai muodoiltaan yksinkertaiset kappaleet irtoavat muotista muutenkin. Rivoitus ja kotelomaiset muodot saattavat vaatia koneelta irrotusapua.



Kuva 13. Ruiskuvalukoneen ulostyöntöyksikkö ja koneen mitat sivulta. Kone: Kraus Maffei.

Keernanvetoyksikkö

Valukoneen keernanvetoyksikkö on joukko hydraulisia, pneumaattisia ja/tai sähköisiä ulostuloja, jotka on liitetty koneen ohjausjärjestelmään. Kone aktivoi ulostulot oikeassa kohdassa valukiertoa, jolloin niihin kytketyt keernanvetolaitteet suorittavat työliikkeensä. Joissain konetyypeissä keernanvetoulostuloja voidaan ohjata peräkkäin siten, että koneen ohjaus odottaa sisääntuloporttiin signaalia muotin keernanvetolaitteelta ennen kuin antaa seuraavalla keernanvetoulostulolle aktivoitikäskyn. Tällainen toiminto mahdollistaa vaiheittaisen keernanvedon muotissa, esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

Vaihtoehto 1: Kone aktivoi ensimmäisen keernanvetoulostulon, jonka jälkeen muotin ensimmäinen keernaryhmä liikkuu ulos -> valukone odottaa sisääntulosignaalia muotilta -> kone aktivoi toisen keernanvetoulostulon, jolloin muotin seuraava keernaryhmä liikkuu ulos -> valukone odottaa sisääntulosignaalia muotilta -> koneen kierto jatkuu.

Vaihtoehto 2: Kone aktivoi yhden tai molemmat keernanvetoulostulot ja kaikki keernat liikkuvat samanaikaisesti -> valukone odottaa sisääntulosignaalia muotilta -> koneen kierto jatkuu.

Muotilta tuleva sisääntulosignaali on tärkeä laitteiston rikkoutumista ehkäisevä varotoimenpide. Keernanveto voidaan ohjata myös käyttämällä viiveitä. On hyvin mahdollista, että keernojen toimintaan tulee jokin tekninen häiriö. Seuraava koneen toiminto olisi joko seuraavan keernaryhmän vetäminen ulos tai muotin avaaminen. Jos edellinen vaihe ei ole vielä toiminut loppuun saakka, kun viiveaika päättyy, muotti rikkoontuu.

Jäähdytysyksikkö

Valukoneen jäähdytysyksikkö kierrättää jäähdytysainetta muotin sisällä ja pitää sen asetetussa lämpötilassa. Jäähdytysaineen lämpötila olisi hyvä voida asettaa erikseen kiinteää ja liikkuvaa muottipuoliskoja varten. Liikkuvalla puolella on tavallisesti suurin osa keernoista. Keernat kuumenuvat voimakkaasti ja niihin tarvitaan suurempi jäähdytysteho kuin kiinteälle puolelle. Jäähdytysaineena voidaan käyttää vettä tai lämmönsiirtoöljyä.

Kylmäkammiovalukoneen valukammio saattaa tarvita jäähdytystä ja/tai temperointia, jos muotissa on tyhjävalulaitteisto. Jos kammio kuumenee voimakkaasti, männän ja valukammion sovitte muuttuu väljäksi ja tyhjä karkaa muotin sisältä.

Jäähdytysyksikkö ei ole aina koneen osa. Se voi olla erillinen laite tai keskusjäähdytysjärjestelmä. Laitteistosta riippumatta jäähdytysaine kuljetetaan muottiin letkua pitkin. Letku liitetään muottiin liitinosalla, jonka tyyppi vaihtelee jäähdytyslaitteistosta ja valuyrityksestä toiseen. Muotin suunnittelijan tulee tarkistaa yrityksen käytännöt ja koneen vaatimukset.

EPS -muotovalussa muottiin puhalletaan esipaisutettuja polystyreenihelmiä, joita turvotetaan edelleen kuumen hönryn avulla. EPS kappale jäähdytetään puhaltamalla muottiin viileää ilmaa välittömästi paisutuksen jälkeen. Muotti ei vaadi erillistä jäähdytystä.

Kokilli- ja matalapainealumuotit jäähtyvät useimmiten riittävästi avoinna olon ja peitostamisen aikana. Tarvittaessa niihinkin voidaan valmistaa jäähdytys.

Valuysiköt

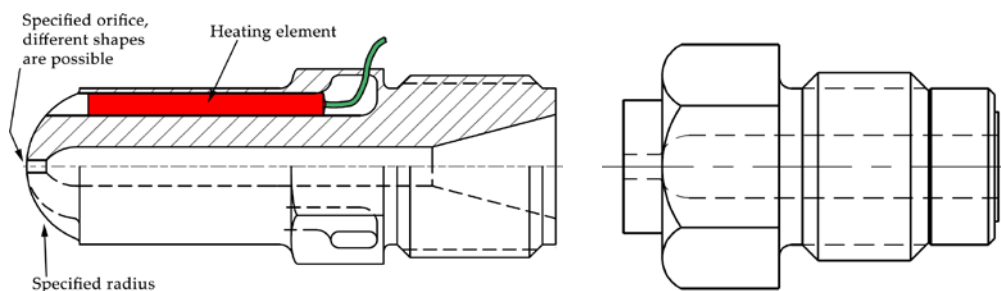
Ruiskuvalukone. Ruiskuvalukoneen valuysikkö koostuu annostelulaitteesta (dosing device), ruuvista (screw), ruuvin sylinteristä (screw chamber) ja suuttimesta (nozzle) (Katso kuvat alla). Annostelulaite pudottaa asetetun määrän muoviraaka-ainetta ruuville. Kun annostelu on tapahtunut, ruuvi alkaa pyöriä työntäen muovia kohti muottia. Kun muovi virtaa ruuvin ja sylinterin välissä, se lämpenee ja sulaa. Ruuvi pysyy täyttyneenä sulalla valukiertojen välillä. Kun uusi muoviraaka-aine annos liikkuu eteenpäin, jo sulanut annos työntyy muottiin sisälle. Kun muotti on täyttynyt ja raaka-aine on saatettu tiettyyn ennalta asetettuun paineeseen, ruuvi pitää paineen, kunnes muovi on kiteytynyt.



Kuva 14. Ruiskuvalukoneen valuysikkö.
Kuva: Arburg, <http://www.arburg.com>

Ruiskuvaluyrityksen henkilökunta valitsee ruuvin ja suuttimen raaka-aineen vaatimusten perusteella. Suuttimia on erityyppisiä: lämmitettyjä, lämmittämättömiä, avoimia ja sulkeutuvia. Ensimmäiset osat, jotka muotissa ovat kosketuksissa sulan kanssa, ovat kohdistusrenkas ja sisäänvaluholkki. Ruiskuvalukoneen suuttimen valinta vaikuttaa muotin sisäänvaluholkin valintaan. Jos

suuttimen pää on pyöristetty, sisäänvaluholkin täytyy myös olla pyöristetty. Sisäänvaluholkin pyöristyssäde on hiukan suurempi kuin suuttimen pään pyöristyssäde.



Kuva 15. Vasemmalla: Lämmitetty ja pyöristetty suutin. Oikealla: Lämmittämätön litteäkärkinen suutin.

Ruiskuvalumuotin sisäänvaluholkki asetetaan lähes aina keskelle kiinteän puolen muottilaattaa. Ulostyönnön kiinnitys on myös lähes aina keskellä muottilaattaa muotin vastakkaisella puolella. Tämä menettely tasapainottaa voimat sekä ruiskutus- että ulostyöntövaiheissa.

Painevalukone. Painevalukoneita on kahta tyyppiä: kuumakammiokone ja kylmäkammiokone. Koneissa on erilaiset valuyksiköt, mutta muilta osin rakenne on melkein samanlainen. Molemmissa konetyypeissä on sulk-, ulostyöntö- ja keernanvetoyksiköt. Kuumakammiopainevalukone asetetaan valukammion päin katsottuna ylöspäin kaltevaan asentoon (Kuva 17.). Kalteva asento varmistaa sen, että kammiot ja suutin tyhjenevät sulasta valukiertojen välillä. Kuumakammiopainevalukoneet ovat pienempiä kuin kylmäkammiopainevalukoneet.

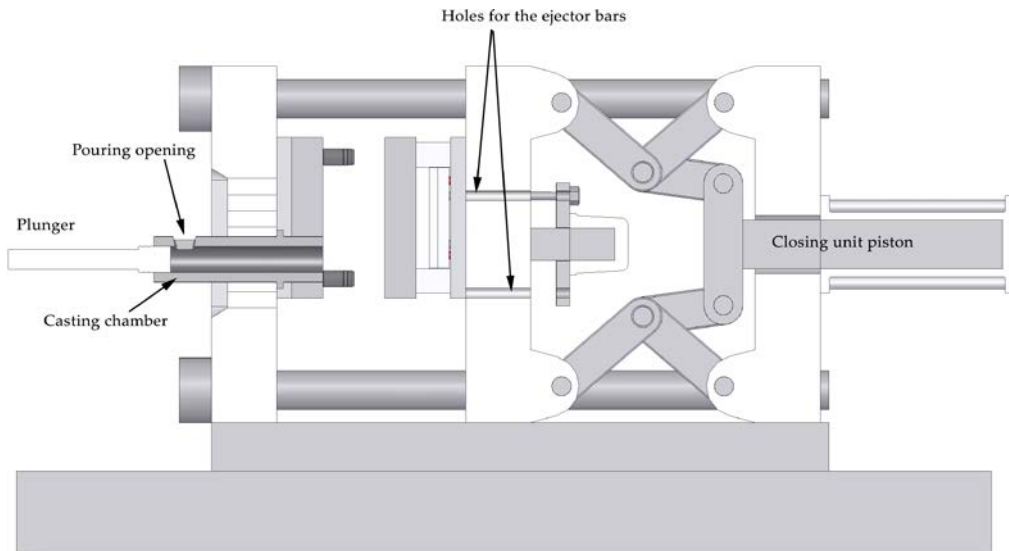
Painevalukoneen valuyksikkö koostuu männästä (plunger), valukammioista (casting chamber) ja iskupään hydraulikasta, jonka pääasiallinen tehtävä on männän liikuttaminen. Kuumakammiokoneen valukammio on sulaan upotettuna kuumanapituuunin sisällä. Kuumakammiokoneen valukammioita kutsutaan hanhenkaulaksi (gooseneck). Kuumakammiokoneen muotissa on sisäänvaluholkki (suutin, sprue bushing), jonka läpi sula metalli kulkee muottiin sisälle. Hanhenkaula liitetään sisäänvaluholkille väliholkin ja suuttimen (nozzle ja nozzle tip) välityksellä. Kylmäkammiokoneen valukammio on vaaka-asennossa. Se ulottuu koneen kiinteän muottipöydän (machine fixed platen), muotin kiinnityslaatan (die clamping plate) ja kiinteän muottilaatan (fixed cavity plate) läpi (Katso kuvat seuraavalla sivulla.)

Kylmäkammiokoneen iskun pituus on rajoitettu. Muottisuunnittelijan tulisi tarkistaa, että iskunpituus riittää niille levynpaksuuksille, jotka on valittu kiinteään muottipuoliskoon. Männän liikkeen tulisi ulottua vähintään 10 – 20 mm jakotasolta eteenpäin. Männän varren pituuden kasvattaminen ei poista ongelmaa. Iskunpituuden maksimi-arvo on kerrottu koneen teknisen dokumentaation osana.

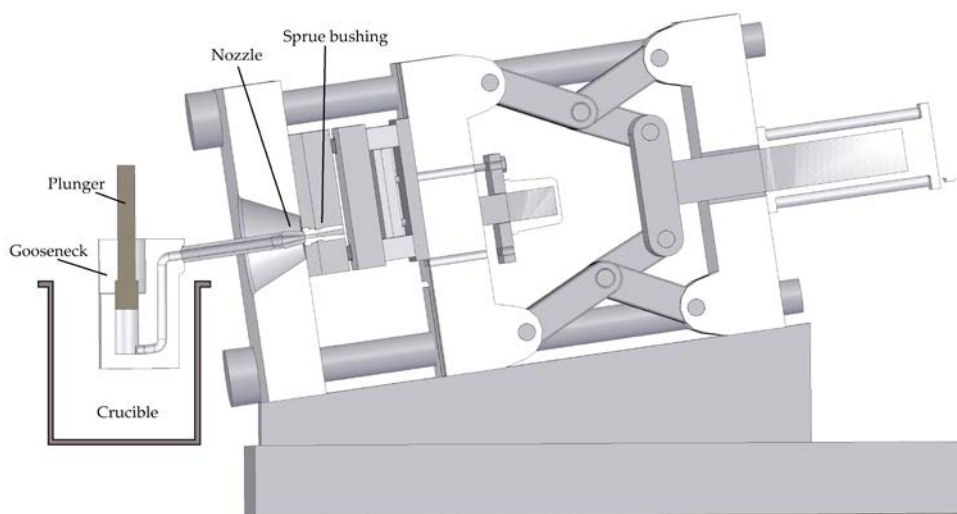
EPS -muotovalukone. EPS -muotovalukoneen valuyksikkö koostuu esipaisutettujen polystyreenihelmien annostelulaitteesta ja höyrystyslaitteesta. Esipaisutetut helmet annostellaan muottiin pistoolilla. Annostelun jälkeen muottipesään johdetaan höyryä muotissa olevien pienten höyryreikien kautta. Kun polystyreenihelmet ovat pehmenneet ja keränneet sisäänsä riittävästi ilmaa, ne jäädytetään ja kappale poistetaan muotista. EPS -kappaleen mitat saattavat muuttua muotista poistamisen jälkeen. Menetelmän tarkkuus on tyypillisesti noin +1 mm luokkaa.

Kokillivalukone. Kokillivalukoneessa ei ole erillistä valuyksikköä, koska muotti täytetään yksinkertaisesti kaatamalla, kuten hiekkavalumuottikin.

Matalapainevalukone. Matalapainevalukoneen valuyksikkö tuottaa koneella olevaan kuumanapitouuniin muutaman baarin ylipaineen tietyllä nostonopeudella ja pitoajalla. Paine voidaan ohjata nousemaan lineaarisesti tai uusimmilla koneilla tiettyä nousukäyrää noudattaen. Nousukäyrällä voidaan kompensoida muotin poikkipinta-alan muutoksia siten, että sula nousee muotissa tasaisesti. Jos paine nostetaan lineaarisesti, sulan virtaus muotin sisällä vaihtelee ollen kapeissa kohdissa hyvin nopea ja laajoissa kohdissa hidas.



Kuva 16. Kylmäkammiopainevalukoneen poikkileikkauskuva. Valukammio (casting chamber) kulkee koneen kiinteään muottipöydän, muotin kiinnityslaatan ja kiinteään muottilaatanläpi. Männän (plunger) iskunpituus on rajattu. Sulkuyksikön mäntä (closing unit piston) kulkee takalevyn läpi.



Kuva 17. Kuumakammiokoneen poikkileikkauskuva. Kone on asetettu yläviistoon asentoon valukammioilta pain katsottuna, jotta valukammio ja suutin tyhjenevät täysin valukierrojen välillä.

Oheislaitteet

Valusoluun kuuluu usein koneen lisäksi muitakin laitteita. Laitteet voivat kuulua valukoneeseen tai muottiin. Ne voivat olla myös erilaisia automaatiolaitteita. Näitä ovat:

- jäähdytys- tai temperointilaitteet
- kappaleenpoistolaitteet, useimmiten robotti
- ruiskuvalumuotin kuumakanavajärjestelmän lämpötilanhallintalaitteet
- painevalumuotin ruiskutuslaite
- valukkeiden leikkaamiseen tarvittava laite
- viimeistelykoneistukseen tarvittavia laitteita, ultraäänihitsauslaitteita, kokoonpanolaitteita yms. automaatiolaitteita
- laitteita, joita tarvitaan ”in mould decorating (IMD)” -menetelmässä, kaasuvusteisessa ruiskuvalussa, muotissa kokoonpanon tekniikoissa ja muissa kehittyneissä valutekniikoissa

Muottisuunnittelijan tulisi olla vähintään tietoinen valusolussa olevasta laitteistosta ja niiden käyttötarkoituksesta. Joissain tilanteissa on kuitenkin tarpeen ottaa hyvin tarkkaan selville robotin tarraimen ja koneistuskiinnittimen tyyppi, automaattilinjan toimintojen järjestys, automaatiolaitteiden mitat jne. Automaattisissa kokoonpanolaitteissa voi esimerkiksi olla merkityksellistä tietää, mille etäisyyksille muottipesät on asetettu.

Jotkut laitteet on liitetty muottiin mekaanisesti ja jotkut laitteet ovat erottamaton osa muottia. Näihin kuuluvat IMD-tekniikassa ja muissa kehittyneissä valutekniikoissa käytettävät laitteet. Laitteet voivat lähettää koneelle signaaleja ja ne voivat myös vastaanottaa signaaleja. Yrityksillä on erilaisia tehdasstandardeja. Eri koneet voivat käyttää eri jännitteisiä signaaleja. On myös tärkeää selvittää liittimen tyyppi ja muut vastaavat yksityiskohdat.

Kuumakanavajärjestelmän lämpötilansäätölaitteet ovat erillisiä laitteita, jotka tarkkailevat ja säätävät lämpötilaa kuumakanaviston sisällä. Kuumakanava-järjestelmien toimittajat myyvät myös säätölaitteita. Muottisuunnittelijan tulisi tarkistaa, minkä toimittajan ja minkä tyyppisiä laitteita ruiskuvalimossa on käytössä.

Kappaleen poistamiseen tai valukkeiden leikkaamiseen käytetyt laitteet, automaattiset koneistuslinjat, ultraäänihitsauslaitteet ja/tai automaattiset kokoonpanolinjat eivät varsinaisesti ole koneen tai muotin osia eikä niitä ole välttämättä edes kytketty muottiin tai koneeseen millään tapaa, mutta ne asettavat erityisiä vaatimuksia kappaleen muotoilulle, valujärjestelmän muotoilulle ja muottipesien välisen etäisyyden valinnalle. Tilanne on sama sekä painevalukappaleiden että ruiskuvalukappaleiden tapauksessa.

Jos automaatio rajoittuu pelkkään kappaleen poistoon ja jakolinjan viimeistelemiseen, tilanne on melko helposti hallittavissa: Kappaleenpoistoautomaatti voi tarttua painevalukappaleeseen helposti kiinni osasta, joka muotoutuu kylmäkammiokoneen valukammion loppupäässä tai kuumakammiokoneen syöttöholkissa. Samanlainen kohta löytyy kylmäkanavamuotissa valetusta ruiskuvalukappaleesta. Tällöin ei yleensä ole tarvetta suunnitella erikseen pintoja, joista tarttua kiinni. Ruiskuvaluissa ei kuitenkaan ole jakokanavistoa, josta tarttua kiinni ja tällöin tarttumapinta täytyy muotoilla.

Jos kappaleelle tehdään muotista poistamisen jälkeen automaattisia koneistus-, hitsaus-, kokoonpano- ja muita toimenpiteitä, tilanne ei ole yhtä helposti hallittavissa. Jakopinnan viimeistelyn jälkeen valussa ei ole enää valukkeita, joista tarttua kiinni. Tarttumiskohtien on nyt oltava kappaleessa itsessään.

Kappale on kiinnitettävä koneistamista varten. Tilannetta ei muuta se tehdäänkö koneistaminen osana valusolun toimintaa, erillisellä automaattisella koneistuslinjalla vai toisella puolen maapalloa

manuaalikoneilla. valukappaleessa tulee kaikissa näissä tapauksissa olla erikseen suunnitellut kiinnitysmuodot. Samat muodot voivat auttaa myös koneistustyökalun paikoituksessa.

Olisi hyvä, jos kappaleen ja muotin suunnittelijat voisivat vieraillla kappaleiden tuotantolaitoksilla tutustumassa tuotantoympäristöön. Missä kappaleenpoistolaite sijaitsee, millainen tarrain on ja kuinka kappaleita käsitellään sen jälkeen, kun se on poistettu muotista. Jos valukkeet poistetaan leikkurilla, on tarpeen tutkia, kuinka kappale sijoitetaan leikkuriin ja kuinka se poistetaan siitä. Pitäisikö kaikkien muottipesien olla samansuuntaisesti asetettu ja onko joitakin muita erityisvaatimuksia. Täytyisikö pesien esimerkiksi olla tietyllä etäisyydellä toisistaan tai onko vaatimuksia kanaviston jäykkyyden suhteen. On myös joitakin profiileita, jotka on helpompi leikata kuin toiset. Suunnittelijoiden olisi hyvä ottaa selville kaikki rajoitukset.

Kappaleen suunnittelija suunnittelee suurimman osan painevalukappaleen ruiskutuksessa eteen tulevista hankaluuksista. Kappaleessa ei pitäisi olla osia, jotka tuottavat pesiin syviä ja/tai kapeita muotoja. Muottipesässä ei myöskään pitäisi olla korkeita ulkonemia. Korkeita ja jyrkkiä muotoja on hankalampi ruiskuttaa kuin matalia, runsaasti päästettyjä ulkonemia ja syvennyksiä. Päästökulman suurentaminen parantaa yleensä tilannetta.

Yhteenveto: Tarkistuslista muottisuunnittelijoille

On tärkeää tarkistaa seuraavat yksityiskohdat yhteistyössä valuyrityksen kanssa:

- Muottia on helppo käsitellä nosturilla ja trukilla varastoitaessa
- Muotti voidaan kiinnittää koneeseen, johon se alun perin oli tarkoitettu. Koneiden muottipöytien mitat ja aisojen välimatka vaihtelee koneiden välillä.
- Kiinnitysraudat ja kiinnityspultit voidaan kiinnittää ilman, että tiellä on mitään muotista ulkonevaa osaa. Jäähdytysletkujen kiinnittimien tai sähköliittimien kohdat täytyy tarkistaa huolella, koska ne unohtuvat helposti.
- Painevalukoneen valukammion paikka ja koko on tarkistettu. Valukammion paikka on aseteltavissa, mutta voi olla mahdollista, että asettelu ei ole portaaton, vaan esimerkiksi 50 mm välein.
- Ruiskuvalukoneen suutin sopii muottiin.
- Muotti sopii aisojen välistä, kun sitä asennetaan paikoilleen.
- Muotti sopii aisojen väliin vielä sen jälkeen, kun oheislaitteet on asennettu paikoilleen. Myös kaikki anturit ja liittimet on mahdollista asentaa ja niitä voidaan käyttää purkamatta muottia.
- Kaikilla liikkuvilla osilla on riittävä liiketila aisojen välissä ja koneen suojaovien sisällä. Liikkuvia osia ovat keernanvetolaitteet ja muotin oheislaitteet.
- Muotissa on silmukkaruuvit. Keskikokoisissa ja isoissa muoteissa tulee olla vähintään kaksi silmukkaruuvia tai kiinnityskohtaa kiinteällä puolella ja neljä liikkuvalla puolella. Jos kiinteä puoli on korkea, siinä pitäisi myös olla neljä silmukkaruuvia tai kiinnityskohdat niille. Jos työkalu on hyvin isokokoinen, myös levyjen alapuolella tulisi olla reiät silmukkaruuveja varten, jotta levyt voidaan irrottaa nosturilla. Tämä helpottaa huoltoa.
- Muotin alapuolella ei ole ulkonevia osia. Jos niitä on ehdottoman välttämätöntä laittaa, muottiin tulisi suunnitella jalusta.
- Muotin ulostyöntömekanismi on mahdollista kiinnittää koneen ulostyöntöjärjestelmään. Ota selvää, millaisia liitososia valukoneessa on. Ota myös selvää, onko valimossa joitain omia pikaliitosratkaisuja tms. Painevalukoneen ulostyöntö kiinnitetään useimmiten neljällä ulostyöntötangolla, joiden paikka ei ole aina sama. Ulostyöntötankojen kiinnityskohdat ja mitat vaihtelevat koneiden ja valimoiden välillä.
- Jäähdytyskanavat on dokumentoitu. Erityisen tärkeää dokumentaatio on siinä tapauksessa, että jäähdytyskanavia on yhdistelty muotin ulkopuolisilla letkuasennuksilla. Jos mahdollista, älä suunnittele ollenkaan ulkopuolisia asennuksia.

- Anturit, rajakytkimet ja sähkölaitteiden liittimet on suunniteltu valimon ohjeiden mukaisesti. Ohjeistus on tarkistettu.
- Jos työkalussa on epätavallisia tai monimutkaisia rakenteita, liitä mukaan dokumentaatio huoltohenkilökuntaa varten.
- Muotin osat on valittu raaka-aineen vaatimusten mukaan. Jotkut muoviraaka-aineet ovat hyvin kuluttavia ja/tai korrodoivia. Painevaluseosten valulämpötilat vaihtelevat 450 °C ja 980 °C välillä.

Yhteenvedo: Tarkistuslista kappaleen suunnittelijalle

Kappaleen suunnittelijalla on vähemmän huomioitavia asioita koneympäristön suhteen kuin muotin suunnittelijalla. Lähes kaikki huomioitavat asiat liittyvät automaation ja koneistamisen vaatimuksiin:

- Onko painevalun tapauksessa annettu riittävä ja riittävän selkeä kuvaus vaatimuksista pinnanlaadun, painetiiveyden, mekaanisen lujuuden ym. teknisten kysymysten suhteen. Onko näistä yksityiskohdista keskusteltu riittävän perusteellisesti.
- Onko painevalukappale suunniteltu siten, että muottipesä on hyvin ruiskutettava.
- Onko automaation vaatimukset huomioitu kappaleen muodoissa. Jos valusolussa tehdään koneistuksia, löytyykö kappaleesta tartuntapinnat.
- Onko koneistamisen, ultraäänihitsauksen tms. työvaiheiden vaatimukset kappaleen tukevalle kiinnittämislle huomioitu. Myös pinnoitettava kappale kiinnitetään jotenkin.