

Painevalukoneen valukierto

Tuula Höök – Tampereen teknillinen yliopisto

Painevalukoneen valukierto koostuu seuraavista vaiheista. Aikavälit ovat karkeita arvioita. Vaiheiden kestoajat ovat myös toisistaan riippuvaisia.

- Metallin kauhonta (kylmäkammiomenetelmässä), 3 – 5 sekuntia
- Valuisku ja kappaleen jähmettyminen, 6 – 15 sekuntia
- Tarvittaessa keernojen eteenpäin suuntautuva liike, 4 – 7 sekuntia
- Muotin avautuminen, kappaleen ulostyöntö ja poistaminen muottitilasta, 2 – 15 sekuntia
- Kappaleen muotista poistumisen todentaminen, muiden vaiheiden ohella
- Muotin ruiskuttaminen, 4 – 16 sekuntia
- Muotin jäähtyminen ja kuivuminen, 3 – 15 sekuntia
- Muotin sulkeutuminen, 1 – 2 sekuntia
- Tarvittaessa keernojen liike takaisinpäin, 4 – 7 sekuntia

Valukiertoon kuuluva kokonaisaika riippuu tarvittavista vaiheista ja erilaisista tekijöistä, jotka vaikuttavat vaiheiden pituuteen. Kappaleen suunnittelija asettaa valukierron ajalle rajat. Seuraavissa kappaleissa käsitellään näitä tekijöitä tarkemmin.

Metallin kauhonta

Painevalusolut on varustettu kuumanapitouunilla, johon tavallisesti tuodaan valmiiksi sulatettu metallia valimon keskussulatosta. Kuumakammiokoneen valukammio on asetettu mäntineen kuumanapitouunin sisälle. Tällöin ei tarvita erillisiä siirtolaitteita uunin ja valukammion välillä. Kylmäkammiokoneen valukammio on liitetty muottiin. Se on valukoneen osa ja lyhyen välimatkan päässä uunista. Metallia kuljetetaan uunista valukammioon kauhontalaitteella. Jos uuni on annosteleva, annostellaan sula siitä suoraan tai kourun kautta valukammioon.

Kauhontavaihe lisää valukierron aikaan vain minimaalisen ajan, koska laite toimii osin itsenäisesti muiden valukierron vaiheiden ohella. Annos voidaan kauhoja valmiiksi ja pitää odottelemassa uunin päällä, kunnes kone on valmis ottamaan sen vastaan. Kappaleen suunnittelija ei pysty juurikaan vaikuttamaan kauhontavaiheen toteuttamiseen tai pituuteen. Kuumakammiokoneen valukierto on hieman nopeampi kuin kylmäkammiokoneen kierto, koska kauhontavaihe jää pois.

Valuisku

Valuisku jakaantuu kolmeen vaiheeseen:

- Hidas lähestymisvaihe
- Nopea täyttövaihe
- Tiivistysvaihe

Lähestymisvaiheessa muotin valujärjestelmä täytetään valuportille saakka. Vaiheen on oltava riittävän hidas, jotta virtaava sula ei ala pyörteillä valukammiossa ja kanaviston sisällä. Oikean kokoisen valukammion valinta on tärkeää, erityisesti kylmäkammiokoneessa, jossa kammio on vaakasuorassa. Valettavan annoksen ei tulisi täyttää kammiota liian täyteen, mutta ei myöskään jättää liian tyhjäksi. Kammi-
on täyttöaste vaikuttaa sulan virtausprofiiliin.

Valukanavien muotoilu on tärkeää. Kanavat johtavat sulan metallin porteille ja suuntaavat sulavirran oikeassa kulmassa oikean suuntaisesti muottipesän sisälle. Kanavien tulisi olla pehmeästi muotoiltuja, jotta virtaus ei muutu liian turbulentiksi. Kanavan leveyden ja korkeuden suhde vaikuttaa lämmön virtaukseen sulasta muottimateriaaliin. Litteät ja leveät kanavat nopeuttavat lämmön virtausta ja aiheuttavat tarpeettoman suuren lämpöhäviön. Valimon henkilöstö yrittää todennäköisimmin kompensoida lämpöhäviön nostamalla kuumanapitouunin lämpötilaa, mutta toimenpide voi aiheuttaa sen, että sula hapettuu nopeammin ja alumiiniseoksilla mahdollisesti myös hitsautumisongelmia.

Täyttövaiheen aikana muottipesät täytetään hyvin lyhyen ajan kuluessa. Ajan on oltava niin lyhyt, että pesät ennättävät täytyä ennen kuin metalli alkaa jähmettyä. Painevalumuotin valmistusmateriaali johtaa lämpöä hyvin tehokkaasti ja täyttövaihe on saatava toteutumaan sekunnin murto-osassa. Määrävin tekijä on kappaleen ohuin seinämänpaksuus, ei niinkään kappaleen koko. Täyttövaiheen aika on merkityksetön valukierron kokonaisajan kannalta.

Tiivistysvaiheen aikana muotissa olevaa jähmettyvää metallia painetaan männällä, kunnes se on riittävän jähmettynyt ulostyönnettäväksi. Tarkoituksena on tiivistää metallin jähmettymiskutistuman jättämät tyhjat tilat ja mahdolliset kaasukuplat siten, että kappaleesta tulee mahdollisimman tiivis.

Kappaleen suunnittelija ei pysty vaikuttamaan lähestymisvaiheen tehokkuuteen. Täyttö- ja tiivistysvaiheiden onnistuminen sen sijaan riippuu erittäin paljon kappaleen konstruktiosta. Kappaleen muotojen tulisi edistää sulan virtausta muottipesän sisällä. Virtauksen tukkeena olevat muodot tai muodot, jotka ovat sivussa virtauksen pääreitiltä, haittaavat pesän täyttymistä. Tiivistysvaihe hankaloituu, jos portin tai paksujen seinämien edessä on ohuita kohtia tai jokin paksuseinämainen yksityiskohta ympäröity ohuilla seinämillä.

Paksujen seinämien mitat vaikuttavat valuiskun kokonaispituuteen eniten. Tiivistysvaihe, jonka aikana kappale jähmettyy on valuiskun vaiheista pisin. Kappaleen kokonaistilavuus vaikuttaa myös valuiskun pituuteen, mutta ei yhtä paljon kuin seinämänpaksuus. Jotta valuisku ja jähmettyminen tapahtuisi niin lyhyessä ajassa kuin mahdollista, seinämänpaksuuden tulisi olla lähellä minimiä.

Keernojen liike eteenpäin

Vaihe on tarpeen ainoastaan siinä tapauksessa, että kappaleessa on muotoja, jotka muodostavat muottiin liikkuvalla keernalla muotoiltavia vastapäästöjä. Pienet ja keskimittaiset vastapäästöt voi muovata vinotapilla liikutettavalla luistilla tai jollain muulla suhteellisen pieniliikkeisellä, muotin avautumisesta käyttövoimansa saavalla mekanismilla. Luistimekanismi voi hidastaa muotin avautumisliikettä hieman, mutta tavallisesti ei enempää kuin 0,5 – 2 sekuntia. Vinotapilla liikutettava luisti toimii hyvin, jos keernaa ei tarvitse vetää 50 – 60 mm matkaa pitemmälle.

Jos keernan liike on pitkä, käyttövoimaksi otetaan keernanvetosylinteri. Keernanvetosylinterit ovat tyyppillisesti päätesema-anturoituja hydraulisylintereitä. Rakenne hidastaa keernojen vetämistä, koska päätesema-anturien tila täytyy tarkistaa ennen kuin laitteiston kierto voi jatkua. Anturoinnilla tarkistetaan, että keerna on vedetty kokonaan muotin sisältä pois tai asetettu kokonaan muotin sisälle paikoilleen ennen kuin muottipuoliskojen välinen liike voi alkaa. Muotti rikkoontuu, jos se avataan tai suljetaan, kun keerna on osin muotin sisällä. Jos kappaleeseen on suunniteltu monimutkaisia muotoja, jotka vaativat keernanvetoja useissa vaiheissa, keernojen vetämiseen kuluva aika lisääntyy entisestään.

Jotta valukierrosta tulisi mahdollisimman lyhyt ja muotti voitaisiin valmistaa mahdollisimman vähin kustannuksin, kappale kannattaa pita niin yksinkertaisena kuin mahdollista. Ei korkeita liikkuvia keernoja, jos ne on mahdollista välttää. Ei useissa vaiheissa tapahtuvia keernanvetoja. Keernojen ulos vetämiseen tarvittavat vaiheet toistuvat päinvastaisessa järjestyksessä valukierron lopussa, kun keernat liikutetaan takaisin paikoilleen. Keernojen vetämiseen voi kulua yhteensä jopa 8 – 14 sekuntia.

Muotin avautuminen, kappaleen ulostyöntö ja poistaminen muottitilasta

Muotin avautuminen tapahtuu nopeasti. Avautuminen kestää tavallisesti 1 – 3 sekuntia avautumisliikkeen pituudesta riippuen. Avautumisvaihe hidastuu 1- 2 sekuntia, jos valukoneen suojaovi avataan ja sen asema tarkistetaan pääteasema-antureiden avulla. Pääteaseman tila täytyy tarkistaa erityisesti, jos koneeseen on liitetty kappaleenpoistorobotti tai jokin muu kappaleenpoistoautomaatti.

Kun muotti on kokonaan auki, koneen ulostyöntöjärjestelmä toimii ja työntää kappaleen irti muotista. Ulostyöntö tapahtuu periaatteessa hyvin nopeasti, mutta jos valulaitteistoon kuuluu kappaleenpoistoautomaattikkaa, ulostyöntöä joudutaan usein viivästäämään niin kauan, että kappaleenpoistolaite on luotettavasti ottamassa ulostyönnettävää kappaletta vastaan.

Nopein mahdollinen tapa poistaa kappale muotista ja koneen muottitilasta, on pudottaa se suoraan koneen rungon läpi kuljetushihnalle. Manuaalinen kappaleenpoisto on hieman hitaampaa, mutta toisaalta hieman nopeampaa kuin kappaleen poistaminen robotilla. Näin siitä huolimatta, että koneen käyttäjä joutuu käynnistämään valukierroksen seuraavan vaiheen. Kappaleenpoistoautomaatti on hitain. Automaatti vaatii erilaisia tarkistusvaiheita eikä sen liikkeitä voi ahtaassa muottitilassa asettaa kovin nopeiksi. Automaatin toimintaa voi nopeuttaa suunnittelemalla tarrainmekanismi siten, että kappaleeseen tarraaminen onnistuu mahdollisimman lyhyin ja vähin liikkein.

Kappaleen suunnittelija ei useimmiten vaikuta kappaleenpoistomenettelyihin. Valinta eri menettelyjen välillä riippuu valuyrityksen tuotantokoneista ja valettavasta eräkoosta.

Kappaleen muotista poistumisen todentaminen

Kappaleen poistuminen muotista ja muottitilasta täytyy todentaa luotettavasti, jos valulaitteistoon kuuluu automaatiota. Automaatiolaitteita varten tehty todentaminen on eri asia kuin mahdollinen kappaleen laadun todentaminen. Se tehdään muotin suojelemiseksi. On mahdollista, että ulostyöntömekanismi ei ole poistanut kappaletta kokonaisuena. Osia kappaleesta on voinut jumittua joko muottipesään tai jakotasolle kiinni. Muotti voi vaurioitua, jos se suljetaan kiinni jumiutuneen kappaleen osan kanssa.

Todennusvaiheet voidaan tehdä muiden valukierron vaiheiden ohella, joten useimmiten ne eivät lisää valukiertoa kuluvaan aikaan. Tavallisimmat todennusmenetelmät ovat punnitseminen, valosähköiset anturit tai konenäkö.

Muotin ruiskuttaminen

Muotin ruiskuttamisen tarkoituksena on jäähdyttää muottipesää ja voidella se, jotta seuraava valettava kappale irtoaa pesästä paremmin. Jos alumiinin valamiseen käytettävä muotti kuumenee liikaa, kuumimpiin kohtiin alkaa melko nopeasti kertyä kiinni hitsautunutta alumiinia. Kappale voi myös juuttua kokonaan muottipesään kiinni. Kappale voi jumittua myös, jos muottiin annostellaan liikaa tai liian vähän irrotusainetta.

Ruiskutusaika ja ruiskutuksen voimakkuus valitaan tapauskohtaisesti valukappaleen muotojen ja valettavan materiaalin vaatimusten perusteella. Tavallisesti ruiskutus on pitkä ja voimakas, jos muottipesässä on paljon pintaa suhteessa alla olevan muottiteräksen tilavuuteen. Tyypillinen esimerkki tällaisesta tilanteesta on rivoitus ja korkea, kapea keerna. Valukappaleessa olevat paksut kohdat keräävät myös lämpöä.

Ruiskutuksen säätäminen voi olla hankalaa, jos samassa kappaleessa on litteitä muotoja, voimakkaasti kuumenevia muotoja ja syviä muotoja. Alumiinivalujen tapauksessa litteät osat eivät lämpene erityisen paljon, ovat helppoja ruiskuttaa eivätkä ne vaadi ylimääräistä jäähdytystä. Kuumentuville alueille puolestaan tarvitaan runsasta ruiskuttamista ja syville muodoille voimakasta, hyvin suunnattua ruiskuttamista. Toisille metalliseoksille käytetään toisenlaisia ruiskutusstrategioita.

Myös ruiskutuksen näkökulmasta olisi hyvä, jos kappaleen muodot pidettäisiin niin yksinkertaisina kuin mahdollista. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista.

Muotin jäähtyminen ja kuivuminen

Muotin jäähtyminen ja kuivuminen on tarpeellinen vaihe sen varmistamiseksi, ettei sulkeutuvan muotin sisälle jää kosteutta. Kosteus aiheuttaa huokoisuusongelmia. Kuivumis- ja jäähtymisaika on sen pitempi mitä enemmän ongelmia ruiskuttamisessa on ollut. Joissain tapauksissa kuivumisaika on 6 – 8 sekuntia, jopa enemmän.

Muotin sulkeminen ja keernojen liike takaisinpäin

Nämä ovat viimeiset vaiheet ennen seuraavan valukierron alkua. Keernojen liike takaisinpäin vie suunnilleen saman ajan kuin keernojen liike eteenpäin.

Valukierron kokonaispituus

Valukierron kokonaispituus voi vaihdella 30 sekunnista 1 minuuttiin 30 sekuntiin. Määrävimmit tekijät ovat:

- Valukappaleen suurin seinämänpaksuus
- Ruiskutuksen tehokkuus ja vaikeudet ruiskuttamisen aikana
- Keernojen liikuttamisen tehokkuus
- Kappaleenpoistolaitteen liikkeiden tehokkuus
- Laitteiston tehokkuus kokonaisuudessaan

Kappaleen suunnittelija pystyy vaikuttamaan kolmeen ensimmäiseen.