

Keskipakovalu

Seija Meskanen, Teknillinen korkeakoulu

Tuula Höök, Tampereen teknillinen yliopisto

Keskipakovalumenetelmät jaetaan aitoon keskipakovaluun, keskipakopainevaluun sekä keskipakomuotovaluun. Kaikissa keskipakovalumenetelmissä käytetään pyörivää muottia. Muotin pyörimisliike aiheuttaa sulassa oleviin partikkeleihin voiman (F), jonka suuruus riippuu pyörimisliikkeen kulmanopeudesta (ω), partikkelin massasta (m) ja pyörimissäteestä (r) seuraavan kaavan mukaisesti.

$$F = mr\omega^2,$$

jossa

F = sulaan kohdistuva voima, kg(m/s²)

m = partikkelin massa, kg

r = pyörimisliikkeen säde, m

ω = pyörimisliikkeen kulmanopeus, rad/s

Voima ajaa sulassa olevia partikkeleita pyörimisliikkeen tangentin suuntaan. Muotin pyörimisliike ilmoitetaan useimmiten kierroslukuna n , jonka yksikkö on 1/min. Kierrosluku voidaan muuttaa kulmanopeudeksi kaavalla

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60},$$

jossa

ω = pyörimisliikkeen kulmanopeus, rad/s

n = kierrosluku 1/min

Muottipesässä olevaan sulaan saadaan kohdistettua huomattavasti suurempi syöttävä voima kuin painovoimaisissa valumenetelmissä, mutta voiman suuruus riippuu pyörimissäteestä. Suurin voima kohdistuu teoriassa kappaleen uloimpiin osiin. Pyörimisakselilla voima on nolla. Ohuilla rengasmaisilla kappaleilla voima on käytännössä kaikkialla samansuuruinen.

Keskipakovalun syöttövaikutusta voidaan verrata painovoimaisilla menetelmillä muodostuviin syöttövoimiin esimerkiksi seuraavalla laskelmalla:

1 kg painoista sulaa rautarengasta pyöritetään 0,5 m halkaisijaisella kehällä 240 kierrosta minuutissa, jolloin siihen kohdistuu voima

$$F = mr\omega^2 = mr \frac{(\pi n)^2}{300} = 1 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot \left(\frac{(3,14 \cdot 240)^2}{300} \right) \frac{1}{\text{s}^2} \approx 473 \text{ kg m/s}^2.$$

Renkaan paksuus on 10 mm, jolloin sen yläpinnan pinta-ala on 0,0154 m². Jotta painovoimaisella menetelmällä saadaan aikaan sama tiivistysvaikutus, täytyy renkaan päälle asettaa syöttö, joka saa aikaan hydrostaattisen paineen P_h suuruudeltaan

$$P_h = \frac{F}{A} = \frac{473 \text{ kg m/s}^2}{0,0154 \text{ m}^2} \approx 30714 \text{ Pa} = 30,714 \text{ kPa}$$

Sulan hydrostaattinen paine lasketaan kaavalla

$$P_h = \rho g h = 7300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot h,$$

jossa g = vapaan putoamisliikkeen kiihtyvyys = 9,81 m/s²
 ρ = sulan tiheys = 7300 kg/m³

30,714 kPa hydrostaattista painetta vastaa 430 mm syöttökorkeus.

Valuseosten seosaineilla ja muilla ainesosilla on taipumus jakaantua epätasaisesti pyörimissäteen suunnassa siten, että raskaat seosaineet tai seosaineiden yhdisteet ajautuvat lähellä ulkopintaa oleviin kappaleen osiin ja kevyet seosaineet, seosaineiden yhdisteet sekä kevyet oksidit vastaavasti mahdollisimman lähelle pyörimisakselia. Mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuus, sitkeys, kovuus ja venymä, voivat tästä syystä vaihdella pyörimissäteen suunnassa. Kappaleen ainesosat jakaantuvat massan perusteella sitä voimakkaammin mitä suurempi pyörimisnopeus muotille asetetaan. Keskipakovalulaite alkaa toimia ikään kuin sentrifugina (linkona tai separaattorina). Matalissa lämpötiloissa jähmettyvillä seosaineilla on myös taipumus virrata jo jähmettyneiden ainesosien välistä kohti kappaleen pintakerrosta. Ongelmat korostuvat paksuseinämaisissä putkimaisissa tai sylinterin muotoisissa kappaleissa sekä muotovalukappaleissa.

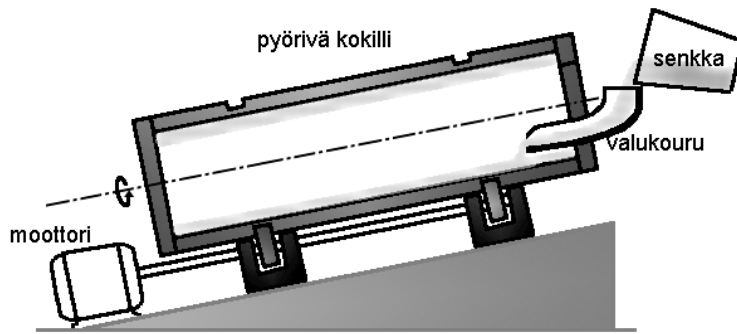
Sentrifugiominaisuutta voi hyödyntää liitosvaluissa. Aidolla keskipakovalumenetelmällä on mahdollista valaa putki, jonka ulkopinta on eri metallia kuin sisäpinta.

Keskipakomenetelmään sopivat parhaiten seokset, joilla on kapea puuroalue, vaikka periaatteessa kaikki hiekkavalettavat seokset ovat myös keskipakovalettavia. Yleisimpiä materiaaleja ovat hiiliteräkset, seostetut teräkset, messingit, pronssit, alumiiniseokset, nikkelseokset, valuraudat ja valukuparit.

Tärkeimmät prosessiparametrit ovat muotin pyörimisnopeus, metalliseoksen valulämpötila, muotin lämpötila ja kaatonopeus (tai muotin täyttönopeus). Suuri pyörimisnopeus tiivistää kappaletta, koska sulapartikkelit pyrkivät pakkautumaan kappaleen ulkokehää kohti. Samalla se aiheuttaa kuitenkin jähmettyvän metalliseoksen ulkokehälle voiman, joka saattaa repiä kappaleen pintakerrokseen pieniä murtumia. Valulämpötilan vaikutus on samansuuntainen kuin muissakin valumenetelmissä: Matala, mutta metalliseoksen juoksevuuden kannalta riittävä valulämpötila saa kappaleen jähmettyämään nopeasti ja hienorakeisena. Muodostuva raerakenne on parempi kuin jos valulämpötila olisi ollut korkea, kappale olisi jähmettynyt hitaasti ja ennättänyt muodostaa suuri-kokoisia kiderakenteita. Sama vaikutus on muotin lämpötilalla. Korkea muottilämpötila hidastaa kappaleen jähmettymistä. Kaatonopeuden tai muotin täyttönopeuden on oltava riittävän suuri, jotta muotti ennättää täytyä ennen kuin sula on alkanut jähmettyä liiaksi.

Aito keskipakovalu

Aitoa keskipakovalua käytetään pyörähdyskappaleiden valamiseen. Sula metalli kaadetaan riittävän nopeasti pyörivään (pyörimisnopeus luokkaa 150 – 200 r/min) metallimuottiin, jolloin metalli asettuu keskipakovoiman vaikutuksesta kokillin seinämiä vasten ja kappaleen keskelle muodostuu ontelo. Kappaleen seinämänpaksuus määräytyy muottiin kaadetun metalliannoksen tilavuuden perusteella. Kappaletta ei tarvitse syöttää.



Kuva 1. Keskipakovalu.

Aidossa keskipakovalussa muotin pyörimisakseli on vaak- tai pystysuora. Vaakasuoraa akselia käytetään putkien ja sellaisten holkkimaisten kappaleiden valuun, joiden pituus on halkaisijaa suurempi. Halkaisija voi olla 40 – 2600 mm ja pituus jopa 8 metriä. Kappalekoko voi erikoistapauksissa olla jopa 5000 kg. Renkaiden ja lyhyiden holkkimaisten kappaleiden valussa käytetään pystymenetelmää.

Muottimateriaalina aidossa keskipakovalussa on yleensä metalli, muoto- ja painevalussa käytetään myös keernahiekkoja ja keraamisia massoja. Keskipakovalu sopii periaatteessa kaikille valumetalleille.

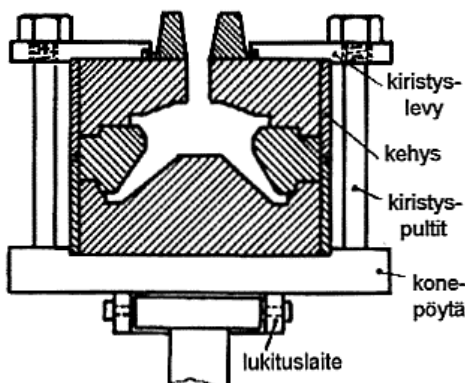
Keskipakomuotovalu

Keskipakomuotovalua käytetään useimmiten yksinkertaisille pyörähdyssymmetrisille kappaleille. Tällaisia ovat hammasrattaat, hammasratasaihiot sekä hihnapyörien ja muiden väkipyörien aihiot. Muotissa on vain yksi kappale asetettuna siten, että muotin pyörimisakseli kulkee kappaleen keskiakselia pitkin. Kappale voi olla umpinainen, mutta useimmiten siinä on koneistettu reikä keskellä. Koska kuona ja muut kevyet yhdisteet pyrkivät jäämään mahdollisimman lähelle muotin keskiötä, kappaleen keskiosasta tulee huonolaatuisempi kuin muu aines.

Keskipakomuotovalu eroaa aidosta muotovalusta lähinnä siinä, että muotti antaa kappaleelle sekä sisäpuoliset että ulkopuoliset muodot. Jos kappaleen keskellä on reikä, se muotoillaan keernalla.

Koska pyörimisliikkeen aikaan saama syöttövaikutus on pyörimisakselin läheisyydessä pieni, kappaleen keskiosa syötetään tarvittaessa painovoimaisesti. Sisäänvalukanava riittää yleensä syöttämään kappaleen.

Muotit valmistetaan hiekasta, grafiitista tai metallista. Metallista tai grafiitista valmistetussa muotissa voi käyttää hiekkakeernoja. Hiekan täytyy olla riittävän kovaa ja lujaa, jotta se kestä pyörimisliikkeen ja sulan paineen aiheuttamat rasitukset. Muotit voi joissain tapauksissa koota päällekkäin tapuliksi.



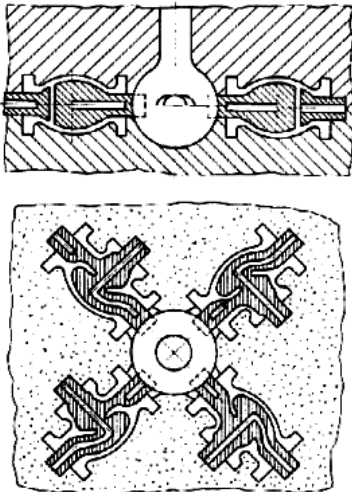
Kuva 2. Osista koottu keskipakomuotovalumuotti. Muotissa voi käyttää keernoja sekä sisä- että ulkomuotojen muovaamiseen. Hiekkamuotti täytyy valmistaa riittävän lujasta seoksesta, jotta se kestä keskipakomenetelmän aiheuttamat rasitukset.

Keskipakopainevalu

Keskipakopainevalumenetelmä sopii ohutseinämäisille, monimutkaisille kappaleille sekä tuotteille, joilta vaaditaan erityistä tarkkuutta tai teräviä ääriviivoja. Menetelmää voi käyttää myös, jos valuseoksen juoksevuus on huono tai kappaleiden syöttömahdollisuudet heikot. Keskipakopainevalu tehdään usein tapulivaluna eli siten, että päällekkäin asetetut muotit valetaan samalla kertaa yhteisestä valukanavasta. Muotti voidaan valmistaa hiekasta, grafiitista, valuraudasta tai teräksestä.

Menetelmä eroaa keskipakomuotovalusta siinä, että muotissa on useita muottipesiä. Pesät on asetettu kehään sisäänvalukanavan ympärille (Kuva 3).

Metalliseen keskipakopainevaluuottiin voidaan valaa solkia ja muita pikkuesineitä. Keskipakopainevaluuotti on suhteellisen halpa verrattuna korvaavissa menetelmissä käytettäviin työkaluihin. Monipesäisyys voidaan tuottaa yksinkertaisesti eivätkä valmiit kappaleet vaadi paljon viimeistelyä, koska metallimuotin jakotaso on tiivis eikä menetelmässä tarvita syöttöjä.



Kuva 3. Teräsventtiilin rungon valaminen keskipakopainevaluna.

Lähteet

Beeley, Peter, Foundry Technology, Butterworth Heinemann, 2001

Bralla, James G, Design for Manufacturability Handbook, McGraw-Hill, 1998

Fu, Hanguang; Xiao, Qiang; Xing, Jiandong, A study of segregation mechanism in centrifugal cast high speed steel rolls, Materials Science and Engineering A. Vol. 479, no. 1-2, ss. 253-260. 2008

Tekniikan käsikirja 8, Gummerus 1975