

Pesien lukumäärä ja asettelu

School of Technology and Management, Polytechnic Institute of Leiria

Käännös: Tuula Höök, Tampereen teknillinen yliopisto

Muotin pesäluku tulisi harkita huolella. Vastakkain ovat muotin valmistamisen kustannukset, tuotteen hinnan asettaminen, eräkoko ja muut tuotannolliset vaatimukset. Perusteellisesta markkinatutkimuksesta on erittäin paljon apua tuotteen menekin ja sen kautta muotin pesäluvun määrittelemisessä. Käytävissä olevien ruiskuvalukoneiden tekniset rajoitukset on myös otettava huomioon.

Yksipesäisiä muotteja käytetään pieninä sarjoina tehtäville tuotteille tai hyvin suurille tuotteille. Suuria tuotteita ei voida tehdä monipesäisillä muoteilla, koska ruiskuvalukoneen pöytäkoko ja sulkuvoima alkavat asettaa teknisiä rajoitteita jo yhdelläkin pesällä.

Muottia, jolla valmistetaan useampia kuin yksi ruiskuvalukappale kerralla, kutsutaan monipesäiseksi muotiksi. Mitä useampia kappaleita pystytään valamaan yhden valukierron aikana sen suurempi voitto. Monipesäisellä muotilla pyritään tuottamaan useita täysin samanlaisia valukappaleita. Vaikuttaa yksinkertaiselta, mutta on helpommin sanottu kuin tehty, vaikka kaikki pesät olisi valmistettu täysin samanlaisiksi. Kaikkiin pesiin tehdään täysin samanlainen jäähdytyskanavisto ja pesät ovat mitoiltaan samanlaisia. Onnistunut valu monipesäisellä muotilla edellyttää, että olosuhteet ovat kaikissa pesissä täysin samanlaiset. Kalanruotomallinen kanavisto tuottaa vähemmän hukkamateriaalia kuin monet muut kanavatyypit, mutta pesät eivät täyty samanaikaisesti. Muoviraaka-aine täyttää pesät järjestyksessä sisimmistä uloimpiin. Kun näin tapahtuu, jokaisessa pesässä on eri paine, täyttymisnopeus ja sulan lämpötila. Jos kanavisto on tasapainotettu siten, että pesät täyttyvät samanaikaisesti, kappaleet ovat ominaisuuksiltaan ja mitoiltaan samankaltaisia. Ne täyttävät toleranssit ja muut spesifikaatiot varmemmin ja prosessi-ikkunan koko on suurin mahdollinen. Useampipesäinen muotti kannattaa valmistaa inserttikappaleilla. Insertit mahdollistavat sen, että muottirunkoa voidaan käyttää joustavasti useamman erilaisen tuotteen valmistamiseen. Kuluneisiin pesiin voidaan myös tarpeen mukaan vaihtaa inserttikappale ilman, että koko muottilaattaa uusitaan.

Toisinaan useampipesäinen muotti suunnitellaan monen erilaisen osan valmistamiseen samanaikaisesti. Kaikissa pesissä valmistuu siis eri kappale. Tällaista muottia kutsutaan perhemuotiksi. Se suunnitellaan tavallisesti siten että yhdellä valukierrolla voidaan valmistaa jonkin kokoonpanon kaikki osat. Esimerkki perhemuotista on muotti, jolla valmistetaan koottavan lentokoneen osat. Perhemuotti ei ole ongelmaton. Kun valetaan useita eri muotoisia kappaleita yhdellä kertaa, kanavisto täytyy suunnitella siten, että matka suuttimelta pesiin on yhtä pitkä kaikkialla. Muottipesät täyttyvät silloin samanaikaisesti. Tasapainotetun kanaviston suunnittelu monipesäiseen muottiin, jossa pesät ovat erilaisia, on erittäin monimutkainen ja haastava toimenpide. Jos kanavistosuunnittelu ei onnistu kunnolla, kappaleista tulee hieman eri kokoisia ja niiden tarkkuus ei ole paras mahdollinen.

Johdanto

Kokemus on osoittanut, että perhemuotit ovat käyttökelpoisimpia silloin, kun halutaan valmistaa pieni sarja tuotetta, jossa on useita osia tai tehdä jonkin tuotteen prototyyppi. Myöhemmin, jos kappaleiden suursarjavalmistus aloitetaan, voidaan valmistaa oma muotti jokaista osaa varten. Perhemuotilla voidaan valmistaa osia niin kauan, että tuote on päässyt kunnolla markkinoille ja sen menekki on kasvanut.

Kun ruiskuvalumuotin suunnittelu aloitetaan, määritellään aluksi joukko reunaehtoja. Reunaehtoja ovat kappalegeometria, valumateriaali, kappaleen tekniset vaatimukset, eräkooko ja toimitusaika sekä pesien lukumäärä, muotin päämitat, ruiskuvalukoneen rakenne, muottikustannukset ja valukustannukset.

Reunaehdot ovat toisistaan riippuvaisia. pesien lukumäärän valintaan vaikuttaa käytettävissä oleva aika valmistaa tuotteita, tuotantomäärä, ruiskuvalukoneen ruuvin plastisointikapasiteetti, suurin mahdollinen annoskoko, kappaleen koko ja muoto ja muotin valmistuskustannukset. Riippuvaisuussuhteista huolimatta pesäluku määrittyy ensisijaisesti muotin päämittojen ja käytettävissä olevien ruiskuvalukoneiden muottitilan koon perusteella. Suurin mahdollinen muottikoko määrittyy ruiskuvalukoneen valinnan yhteydessä.

Pesäluvun määrittämiseen esitetään seuraavassa kolme yksinkertaista kaavaa. Käytä pienintä laskettua arvoa pesäluvun määrittämisessä.

Tuotteiden lukumäärä

Jos kappaleen toleranssivaatimukset eivät ole tiukat ja tavoiteltu tuotantomäärä on suuri, valmistetaan mieluiten monipesäinen muotti. Pesien lukumäärä (NC) riippuu erän valmistamiseen käytettävissä olevasta ajasta (tm), eräkoosta (L), ruiskuvalukoneen jaksonajasta (tc) ja hylkäyskertoimesta (K). K lasketaan kaavalla $K = 1/(1 - \text{hylkäysaste})$.

Pesien lukumäärä määritellään tämän periaatteen mukaan seuraavasti:

$$NC = \frac{L \times K \times tc}{tm}$$

Ruiskuvalukoneen annoskoko

Pesien lukumäärä (NC) voidaan määrittää myös ruiskuvalukoneen suurimman mahdollisen annoskoon perusteella. Arvioi suurimmaksi mahdolliseksi annoskooksi (S), 80 % koneen nimelliskapasiteetista ja jaa arvo kappaleen painolla. Osamäärä on muotin pesäluku.

Kaava on:

$$NC = \frac{S}{W}$$

Pesien lukumäärän arviointi

Ruiskuvalukoneen plastisointikapasiteetti

Pesäluku (NC) voidaan määrittää myös ruiskuvalukoneen plastisointikapasiteetin perusteella. Jaa koneen plastisointikapasiteetti (P) arvioidulla tuotantovauhdilla kappaletta per minuutti (X) ja kappaleen painolla (W).

Plastisointikapasiteetin perusteella pesäluku saadaan nyt kaavalla:

$$NC = \frac{P}{X \times W}$$

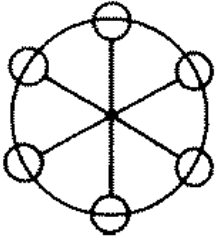
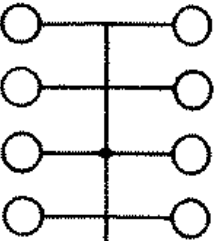
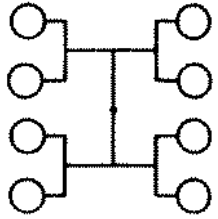
Kun pesäluku on määritetty, pesät täytyy sijoitella muottilaatalle mahdollisimman järkevästi ja toimivasti. Ruiskuvalukoneiden ruuvvi asettuu tavallisesti muotin keskiakselille. Tähän kohtaan tulee sisäänvaluholkki. Muottipesät asetellaan sisäänvaluholkin ympärille siten, että seuraavat ehdot täyttyvät:

- Kaikki pesät täyttyvät yhtä aikaa ja samassa lämpötilassa.
- Jakokanavan pituus tulisi olla lyhin mahdollinen, jotta säästetään hukkamateriaalia.
- Pesien välisen etäisyyden on oltava riittävä, jotta jäähdytyskanaville ja ulostyöntimille jää tilaa. Muotin on myös pysyttävä taipumatta ja riittävän tiukasti kiinni ruiskutuksen aikana.
- Ruiskutuksen aiheuttamien tukivoimien resultantin on oltava muotin tasapainopisteessä. Muottiin vaikuttavien voimien on siis oltava tasapainossa keskenään ruiskutuksen aikana.

Pesien sijoitteluun on olemassa kolme mahdollista vaihtoehtoa. Vaihtoehdot on esitetty seuraavassa taulukossa. Taulukkoon on listattu myös vaihtoehdon edut ja haitat.

Pesien asettelu

Taulukko 1: Muottipesien sijoitteluvaihtoehtojen vertailua.

Pesälayout	Edut	Haitat
Rengas 	<p>Yhtä pitkä matka kaikkiin pesiin, kappaleet on helppo poistaa muotista (erityinen etu, jos on tarpeen käyttää muotissa kierteityslaitetta).</p>	<p>Pesien lukumäärä on rajallinen.</p>
Sarjassa 	<p>Enemmän tilaa, voidaan tehdä useampipesäisiä muotteja kuin ympyrän muotoisella layout-ratkaisulla.</p>	<p>Matka pesiin on lyhempi keskellä kuin muotin sivuilla (pesien yhtäaikainen täyttäminen on mahdollista vain tekemällä eri suuruiset portit eri pesiin).</p>
Symmetrinen 	<p>Yhtä pitkä matka kaikkiin pesiin ilman portin kokomuutoksia.</p>	<p>Suuri määrä hukka-ainetta jakokanavissa, jakokanavien suuri tilavuus aiheuttaa myös sulan jäähtymisen. Jäähtyminen on ehkäistävissä kuumakanavistoratkaisulla. Joko kuumapalkki tai eristetty kanavisto.</p>

Kirjallisuus

How to Make Injection Molds; 3rd edition; G. Menges, W. Michaeli and P. Mohren; Hanser Publishers

Successful Injection Moulding – Process, Design and Simulation; J.P. Beaumont, R. Nagel and R. Sherman; Hanser Publishers

Plastics – Materials and Processing; 3rd edition; A. Brent Strong; Pearson Prentice Hall