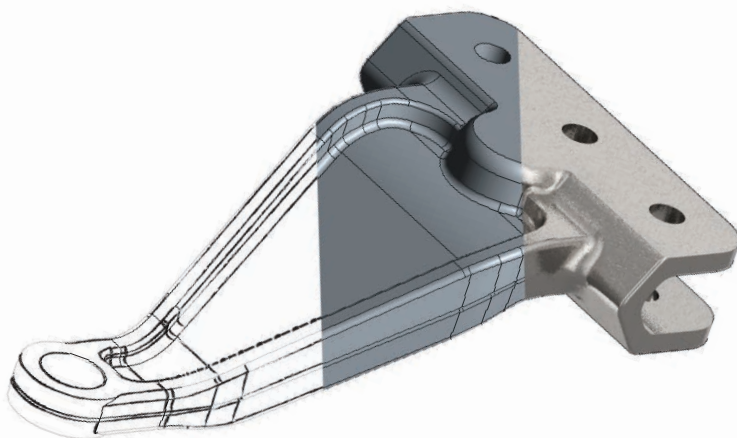


TAPANI HONKAVAARA



VALUTUOTTEIDEN SUUNNITTELU- OPAS



Tämä sivu on tarkoituksella jätetty tyhjäksi

Tämäkin sivu on tarkoituksella jätetty tyhjäksi.

Tämä opas on syntynyt diplomityön lopputuloksena.

Diplomityön keskeinen kysymys oli:

”Mitä tuotesuunnittelijan tarvitsee tietää valutuotteiden suunnittelusta?”

Diplomityö on tehty Aalto yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulun koneenrakennustekniikan laitoksen valutuotetekniikan tutkimusyksikössä.

Diplomityön rahoittajana on toiminut Valutuoteteollisuus ry

(c) Tapani Honkavaara

Kuvat: Tapani Honkavaara

Helsingissä 21.3.2014



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-Epäkaupallinen-Jaa samoin 4.0 Kansainvälinen -käyttöluvalla.
Tarkastele käyttöluvaa osoitteessa <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Lukijalle

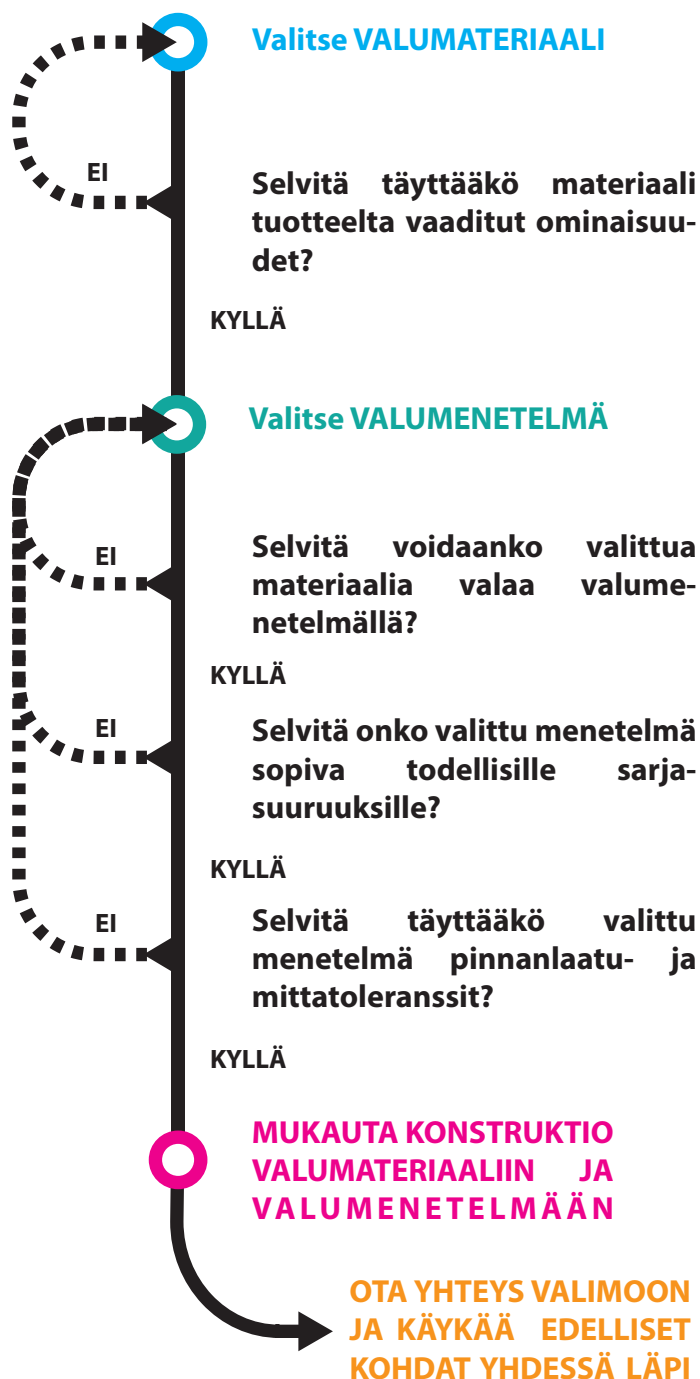
Valaminen on valmistusmentelmä, jolla voidaan valmistaa erittäin monimutkaisia kappaleita. Ottaen muotoilussa alusta alkaen huomioon valmistusmenetelmän tuomat rajoitteet ja mahdollisuudet saadaan paras laatu ja pienimmät valmistuskustannukset. Tässä oppaassa esitetyt asiat ovat yleistyksiä yleisimmistä valuteknisistä asioista, joten kannattaa olla yhteydessä valimoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta saa valamisesta valmistusmenetelmänä kaikista parhaan hyödyn.

Tällä oppaalla on kaksi tavoitetta, joista ensimmäinen on saada suunnittelija kysymään *miksi?*. Tällöin hän mahdollisesti haluaa saada lisää tietoa siitä, miksi jokin valamiseen liittyvä erityispiirre pitää tehdä juuri tietyllä tavalla ja miten se saadaan toteutettua mahdollisimman tehokkaasti. Toinen tavoite on saada suunnittelija ottamaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa yhteys valimoon. Näin jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa voitaisiin hyödyntää valimoiden valmistusteknistä osaamista valmistettavuudeltaan hyvän tuotteen aikaansaamiseksi.

Tämä opas koostuu neljästä osasta. Ensimmäinen osa käsittelee valumateriaaleja yleisellä tasolla ja toisessa osassa perehdytään yleisimpiin valumenetelmiin. Vasta kolmas osa käsittelee varsinaisesti valutuotteen suunnittelua ja minkälaisia asioita suunnittelijan tulisi tietää valutuotetta suunniteltaessa. Viimeinen, neljäs osa, käsittelee laatua ja miten suunnittelijan tulisi ottaa se huomioon jo suunnitteluvaiheessa, vaikka suurin osa laadusta konkretisoituukin vasta tuotetta tilatessa. Lopussa on vielä kokoelma lähdekirjallisuutta, joista tämä opas on koostettu.

Toivottavasti et viihdy pitkään pelkästään tämän oppaan äärellä.

Valutuotteiden suunnittelu



”Sekä teknillisesti että taloudellisesti voitetaan paljon, jos konstruktöörit heti alusta lähtien voivat ajatella valamisen kannalta niin, että valukappaleet saavat sopivat muodon. Konstruointia suoritetaan aivan liikaa vain piirustuslaudalla olematta yhteydessä valimoihin. Vasta, kun konstruktio on valmis, on valimomiehillä mahdollisuus esittää näkökantansa, ja tätä saattaa tapahtua liian myöhään.”

- *Alrik Österberg, Valukappaleiden rakennesuunnittelu, 1967*

Sisälllys:

1 Materiaalit

10 - 19

2 Menetelmät

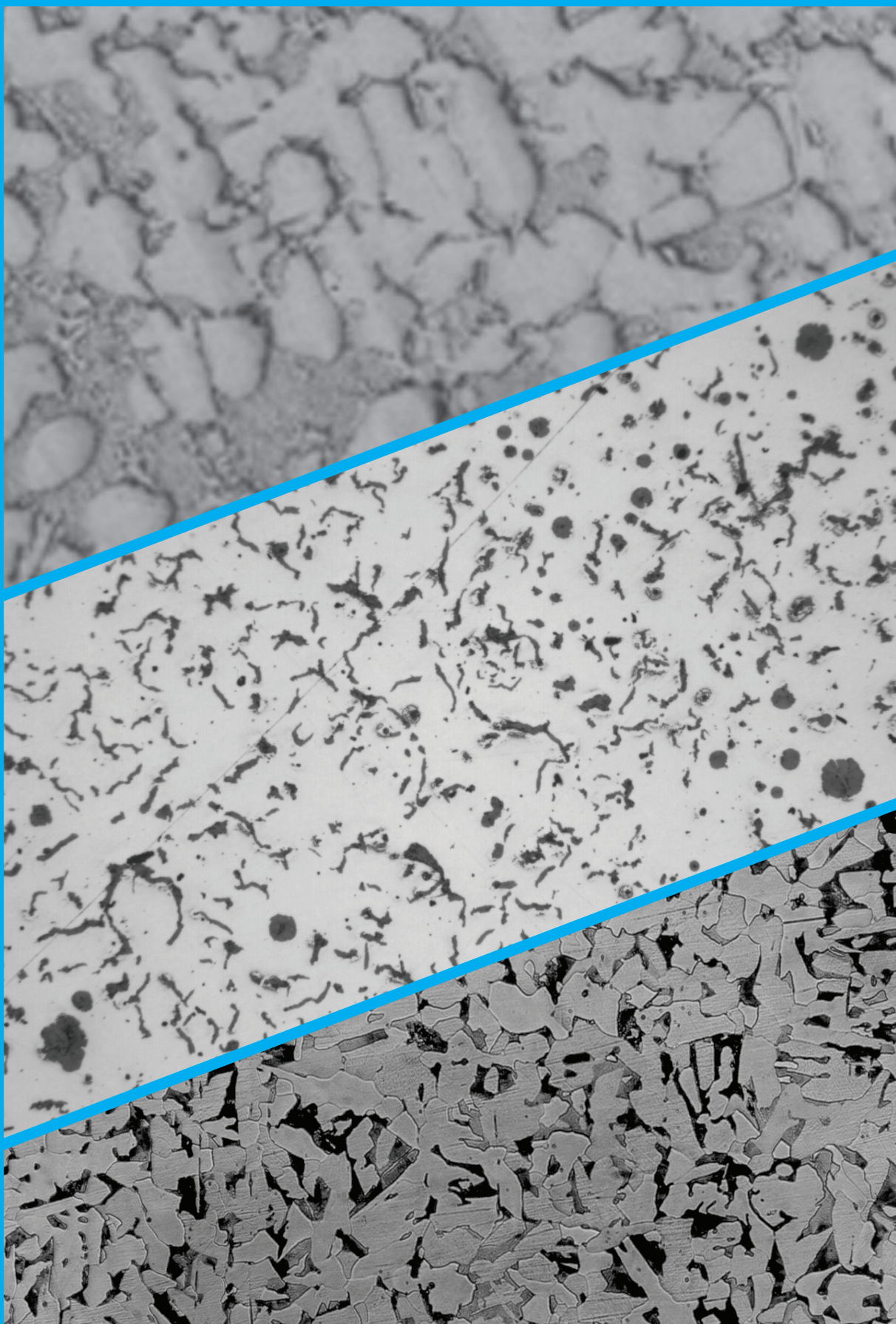
20 - 31

3 Suunnittelu

32 - 55

4 Laatu

56 - 65

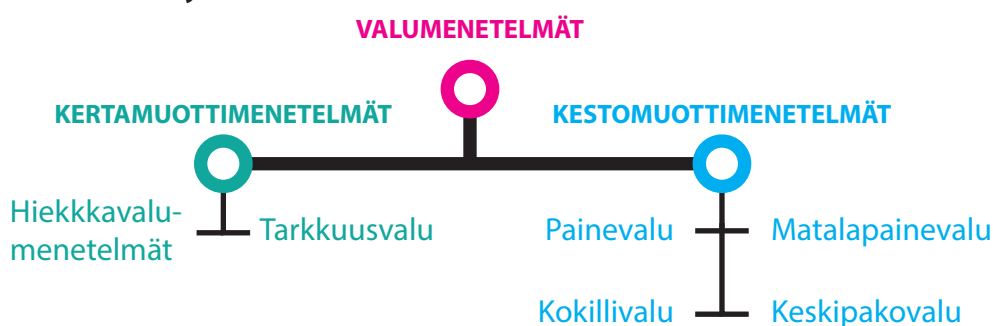


1 Materiaalit

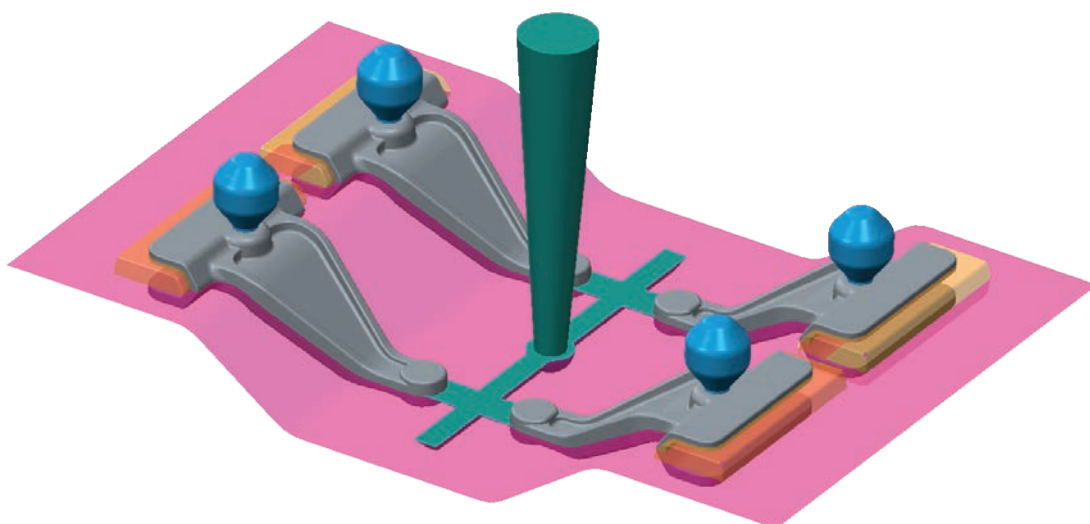
Valaminen lyhyesti

“Valamisessa materiaali sulatetaan kiinteästä olomuodosta metalliromusta tai -harakoista juoksevaksi sulaksi sulatusuunissa. Sulatettu metalli kaadetaan tulenkestävästä materiaalista valmistettuun muottiin, jossa on halutun kappaleen muodostama onkalo, jossa metalli jähmettyy haluttuun muotoon.”

Materiaali, sarjakoko ja kappaleen muoto määrittää yleensä käytetäänkö kerta- vai kestromuotteja. Kertamuoteissa materiaalin jäähtyminen on hitaampaa ja muotit rikotaan joka valun jälkeen. Kestomuoteissa materiaalin jäähtyminen on nopeaa ja ne kestävät jopa tuhansia valukertoja. Valettavat materiaalit ovat hyvin kierrätettäviä.



Kun metalli on jähmettynyt ja muotti purettu, valmiista valukappaleesta poistetaan mahdollisesti kiinnitarttunut hiekka, sekä jähmettyneet valujärjestelmän osat, joiden avulla sula metalli on saatu muottiin (täyttöjärjestelmä) ja kompensoitu jähmettymisen aikaista kutistumista (syöttökuvut).



Jakotaso

Keernat

Syöttökuvut

Täyttöjärjestelmä

Suunnittelijan on syytä huomioida se, että valetaan mitä materiaalia tahansa, niin jostain kohdasta (sisäänmenot) materiaalin on mentävä kappaleen muodostamaan onkaloon. Lisäksi materiaalin kutistumista kompensoivat syöttökuvut on saatava sijoitettua johonkin (yleensä paksuimpaan) kohtaan kappaletta, jotta saadaan mahdollisimman ehyt kappale aikaiseksi.

Materiaalien valaminen

”Kun materiaali sulatetaan, niin uudestaan jäähtyessään se ei enää ole tasalaatuista, koska valukappaleen eri osat jähmettyvät eri aikoihin. Tällöin myös halutut materiaaliominaisuudet voivat vaihdella eri puolella tuotetta, koska jähmettymisnopeus on vaihdellut tuotteen eri osissa.”

Eri materiaalit jähmettyvät eri tavoin ja kappaleessa voi esiintyä usempia jähmettymistyppejä, koska olosuhteet kappaleessa voi vaihdella. Jähmettyminen määrittää kappaleen mikrorakenteen ja ominaisuudet. Käytännössä jähmettymistyyppit voidaan jakaa viiteen eri luokkaan.

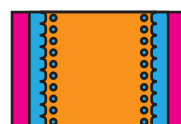
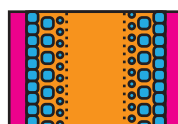
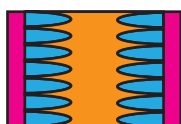
Tasapintainen

Havumainen

Sienimäinen

Puuromainen

Kuorettava



Muotti

Sulaa

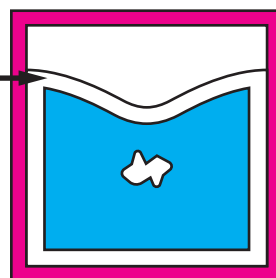
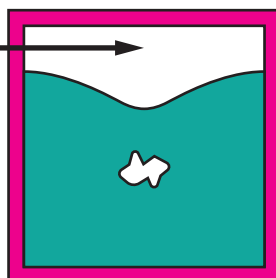
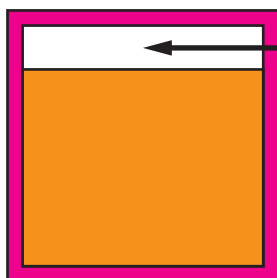
Jähmettynyt

Jähmettyessään sulasta kiinteäksi metalli kutistuu, joten tämä on huomiotava kappaletta valmistettaessa. Suunnittelija voi jo tuotetta suunnitellessaan ottaa huomioon, että kappale jähmettyy ohuimmista kohdista kohti massakeskittymiä, jotka ovat helposti syötettävissä syöttökuvuilla. Massakeskittymiä tulisi olla mahdollisimman vähän.

Sulakutistuma

Kiteytymiskutistuma

Kiinteäkutistuma



Huomioidaan syöttökupujen avulla.

Huomioidaan mallivarusteiden avulla.

Muotti

Sulaa

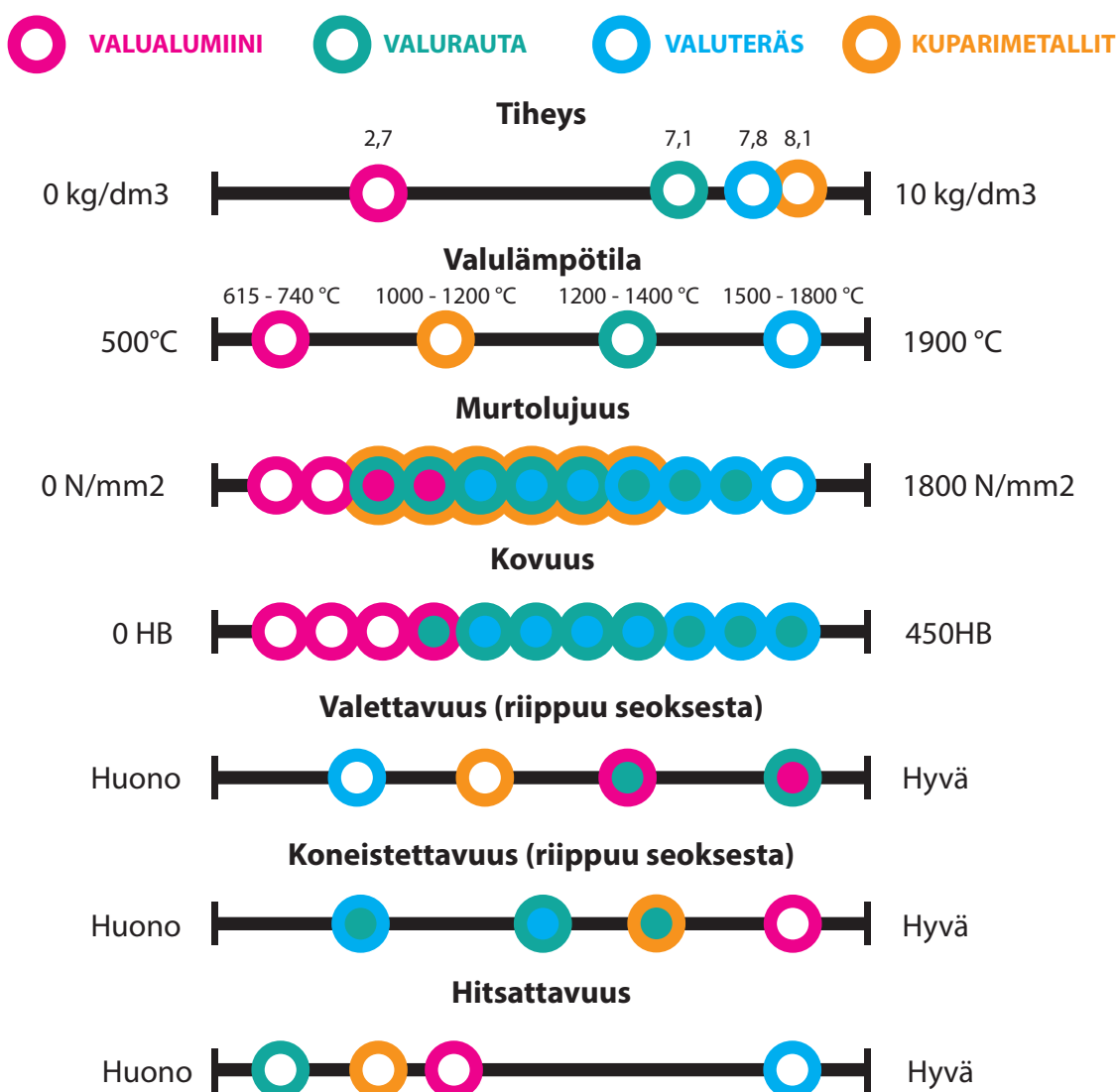
Puolijähmeä

Jähmettynyt

Materiaalien eroavaisuudet

”Jokaisella materiaalilla on omanlaiset ominaisuudet. Tuotteen käyttötarkoituksen asettamat vaatimukset määrittävät pitkälti valettavan materiaalilta vaadittavat ominaisuudet. Ei ole yhtä ainoaa oikeaa valumateriaalia, haaste on löytää mahdollisimman kustannustehokas vaihtoehto, joka täyttää tuotteen asettamat vaatimukset.”

Kannattaa tiedustella valimolta sopivimmasta materiaalista, joka vastaa tulevan tuotteen käyttötarkoitusta. Jokaisella valimolla voi olla myös omia standardien ulkopuolisia materiaaleja. Lisäksi kaikki valimot eivät vala kaikkia materiaalisieksia, eikä heillä ole välttämättä haluttua valumenetelmää.



Alumiini

SFS-EN1559-4

“Valualumiinia voidaan valaa kaikilla valumenetelmillä. Jokaiselle menetelmälle löytyy standardin määrittämät seokset. Alumiiniseosten ominaisuuksia voidaan muokata seostuksella. Alumiiniseokset ovat kevyitä, sitkeitä, tiiviitä ja kohtuullisen lujia. Ne johtavat hyvin lämpöä ja sähköä, sekä kestävät korroosio-olosuhteissa. Alumiinin mekaaniset ominaisuudet riippuvat valumenetelmästä, seoksesta ja sen toimitustilasta.”

Valualumiinien ohjeellisia ominaisuuksien arvoja

Materiaali	Valualumiini	Al	AlSi	AlSiMg	AlSiCu	AlCu	AlMg
Standardi nimeke	AC						
Standardi	SFS-EN 1706						
Tiheys (kg/dm ³)	2,57 - 2,88	2,7	2,68	2,65	2,79	2,79	2,68
Murtolujuus (MPa)	75 - 370	75	150-180	140-290	150 - 230	280-370	150 - 180
Kovuus (HB)	17 - 120	17	45-55	50 - 90	60 - 100	60 - 100	50 - 65
Ominaisuus		Lämmön- johtavuus	Valettavuus, korroosion- kesto	Mekaaniset ominaisuudet	Pieni lämpö- laajeneminen, Kulumiskestävyys	Lujuus ja sitkeys	Korroosionkesto merelliset olosuhteet

Parhaan seoksen löytymiseksi kannattaa olla yhteydessä valimoon. Jokaisella valimolla voi myös olla omia materiaaleja standardien ulkopuolelta, joten näiden käyttämisestä on sovittava valimon kanssa.

Alumiiniseosten valettavuus ja ominaisuudet

Valtaosa alumiinivaluista tehdään kestopuuttimenetelmillä. Puhdas alumiini on jossain määrin vaikea valaa voimakkaan hapettumistaipumuksen ja muodostuvan oksidikerroksen vuoksi. Alumiiniseosten lujuutta voidaan nostaa seostuksella. Tärkeimmät seosaineet ovat pii (parantaa sulan juoksevuutta, kovuutta ja lujuutta), kupari (parantaa lastuttavuutta) ja magnesium (parantaa kovuutta, lujuutta ja korroosionkestoa). Alumiiniseosten korroosionkestävyys perustuu metallin pintaan muodostuvaan tiiviiseen ja nopeasti uusiutuvaan oksidikerrokseen. Käyttölämpötilat ovat virumisen vuoksi yleensä rajoittuneet max 250 °C.

Alumiiniseosten suunnittelun ohjearvoja pienimmille mitoille

Valun päämitta	Seinämänpaksuus	Pyörityssäde	Hellitys	Reiän halkaisija
Painevalu	1 - 3 mm	1 mm	1 °	2,5 mm
Kokillivalu	2 - 4 mm	1 - 2 mm	2 °	3 mm
Hiekkavalu	4 - 5 mm	2 - 3 mm	3 °	4 mm

Arvot ohjeellisia, keskusteltava valimon kanssa tarkemmista arvoista. Pyrittävä tasaisiin seinämänpaksuuden vaihteluihin. Mitä suurempi on seinämänpinta-ala niin sitä suurempi on seinämänpaksuuden oltava, koska kestopuuttimenetelmissä ainekeskittymien syöttäminen on vaikeampaa kuin kertamuoteissa, koska sula jäähmetty nopeammin.

Valurauta

SFS-EN1559-3

“Valurauta on seostettua rautaa, jonka tärkein ainesosa raudan ohella on hiili, jota valuraudassa on yli 2,1%. Valurauta jakaantuu kolmeen pääryhmään somu-, pallo- ja tylppägrafiittivalurautaan. Näiden lisäksi on myös valkoista valurautaa ja tempervalurautoja. Grafiittirakenne vaikuttaa voimakkaasti ominaisuuksiin ja se määrytyy jähmettymisen aikana. Valuraudan mikrorakenteen muodostumiseen vaikuttavat lisäksi seosaineet ja jäähdytysnopeus valun jälkeen. Valuraudan metallista matriisia voidaan muokata valun jälkeen lämpökäsittelyllä.”

Valurautojen ohjeellisia ominaisuuksien arvoja

Materiaali	Suomugrafiitti	Pallografiitti	ADI	Temperhiili	Tylppägrafiitti	Kulumiskestävät
Standardi nimeke	GJL	GJS	GJS	GJM	GJV	GJN
Standardi	SFS-EN 1561	SFS-EN 1563	SFS-EN 1564	SFS-EN 1562	SFS-EN 16079	SFS-EN 12513
Tiheys (kg/dm ³)	7,1 - 7,3	7,1 - 7,3	7,3	7,3	7,1 - 7,2	7,1 - 7,2
Murtolujuus (MPa)	100 - 350	350 - 900	800 - 1400	300 - 800	300 - 500	
Kovuus (HB)	150 - 240	130 - 360	250 - 480	150 - 320	140 - 260	340 - 630
Ominaisuus	Liukuominaisuudet, värähtelyn vaimennus	Laajat sovellukset, mekaaniset ominaisuudet	Lähes teräksen mekaaniset ominaisuudet	Kova ja hauras, kulumisen kesto	Kestää hyvin lämpöshokkeja	Kulumiskestävyys

Parhaan seoksen löytymiseksi kannattaa olla yhteydessä valimoon. Jokaisella valimolla voi myös olla omia materiaaleja standardien ulkopuolelta, joten näiden käyttämisestä on sovittava valimon kanssa.

Valurautojen seinämäherkkyys

Seinämäherkkyydellä tarkoitetaan lujuusominaisuuksien heikkenemistä seinämäpaksuuden kasvaessa. Valurautojen seinämäherkyyteen vaikuttavat sekä raudan kemiallinen koostumus, että valukappaleen jäähtymisolosuhteet. Tämä korostuu etenkin suomugrafiittivalurautoilla, koska ne toimitetaan valutiassa. Muillakin valurautatyypeillä ilmenee vastaavanlaista riippuvuutta. Lämpökäsittely vähentää seinämäherkyyden vaikutusta. Valurautoja valettaessa suurilla seinämänvahvuuksilla mikrorakenne ei välttämättä enää ole tasalaatuista, joten se on huomioitava koko kappaleen suunnittelussa.

Valurautojen pienimmät seinämävahvuudet suhteessa kappaleen kokoon

Valun päämita	100 mm	250 mm	500 mm	1000 mm	2000 mm
Suomugrafiitti	3-4 mm	3 - 5 mm	4 - 6 mm	6 - 9 mm	10 - 15 mm
Pallografiitti	5 mm	5 mm	8 mm	12 mm	15 mm

Arvot ohjeellisia, keskusteltava valimon kanssa tarkemmista arvoista. Syytä välttää suuria seinämäpaksuuden vaihteluita, mitä isompaa kappaletta suunnitellaan niin sitä isompi tulee ohuimman seinämäpaksuuden olla.

Valuteräs

SFS-EN1559-2

“Valuteräs on rauta-hiili seos, jossa hiilen määrä on alle 2,1 %. Valuterästen ominaisuuksiin, joihin kuuluu hyvä sitkeys ja hitsattavuus, voidaan vaikuttaa seosaineiden ja lämpökäsittelyiden avulla. Seostuksella haetaan valuteräksiin kuumalujuutta, korroosionkestoa, tulen- tai kulumisenkestävyyttä. Jos kappaleelta vaaditaan hitsattavuutta, niin valuteräs on yksi vartenotettava vaihtoehto. Pääosin kaikki valuteräket lämpökäsitellään, joka lisää niiden valmistuskustannuksia.”

Valuterästen ohjeellisia ominaisuuksien arvoja

Materiaali	Yleiset valuteräket	Korroosion kestävät	Tulen- kestävät	Painelaite- teräket	Rakenne- teräket	Austeniittiset Mangaanivalu- teräket
Standardi nimeke	GS	GX	GX	GP, GX	GS, GX	GX
Standardi	SFS-EN 10293	SFS-EN 10283	SFS-EN 10295	SFS-EN 10213	SFS-EN 10340	SFS-EN 10349
Tiheys (kg/dm ³)	7,7 - 8,3	7,7 - 8,0	7,7 - 8,3	7,8 - 8,0	7,7 - 8,3	7,7 - 8,3
Murtolujuus (MPa)	350 - 1795	430 - 1100	420 - 550	420 - 960	380 - 850	
Kovuus (HB)	115 - 300					
Ominaisuus	Mekaaniset omin. lievästi korrodoivat ympäristöt	Korroosionkesto	Hyvä hapettumisen kesto ja virumislujuus korkeissa lämpötiloissa.	Painetiiveys	Mekaaniset ominaisuudet	Kulumisen kestävyys

Parhaan seoksen löytymiseksi kannattaa olla yhteydessä valimoon. Jokaisella valimolla voi myös olla omia materiaaleja standardien ulkopuolelta, joten näiden käyttämisestä on sovittava valimon kanssa.

Valuterästen valaminen suhteessa valurautoihin

Valuterästen valamisessa on suurempi riski imuvirheiden syntymiseen, koska valuterästen hiilipitoisuus on erittäin pieni. Valuterästen juoksevuus on myös valurautoja huonompaa, joten valuterästen valettavuus on heikompaa. Suunnittelijan on syytä kiinnittää huomiota mahdollisimman tasaiseen seinämävahvuuteen ja jouheviin muotoihin suunniteltaessa kappaletta valuteräksestä. Kappaleiden suunnittelu valuteräksestä on valurautoja haastavampaa, joten kannattaa olla aikaisessa vaiheessa suunnittelua yhteydessä valimoon.

Valuterästen pienimmät seinämävahvuudet suhteessa kappaleen kokoon

Valun päämita	50 mm	150 mm	400 mm	700 mm	1500 mm
Valuteräs	5 mm	6 mm	8 mm	11 mm	20 mm

Arvot ohjeellisia, keskusteltava valimon kanssa tarkemmista arvoista. Syytä välttää suuria seinämäpaksuuden vaihteluita, mitä isompaa kappaletta suunnitellaan niin sitä isompi tulee ohuimman seinämäpaksuuden olla.

Kuparimetallit

“Valettavat kuparimetallit jaetaan valukupareihin ja kupariseoksiin. Kuparimetallien tärkein ominaisuus on syöpymisenkestävyys. Kuparimetallien muita ominaisuuksia ovat hyvä sähkön- ja lämmönjohtavuus, hyvät liukuominaisuudet ja kipinättömyys. Kuparimetallit ovat ominaispainoltaan raskaita, joten ne on syytä mitoittaa tarkkaan, ettei kappaleista tule liian painavia. Valukuparien valuominaisuudet ovat heikonpuoleiset, mutta valettavilla kupariseoksilla se on parempi. Kupariseokset kestävät hyvin kylmää, joten kylmissä olosuhteissa rakenne ei haurastu.”

Kuparimetallien ohjeellisia ominaisuuksien arvoja

Materiaali	Kuparimetallit	Cu	CuZn	CuSn	CuSnPb	CuAl	CuNi
Standardi nimeke	CB / CC						
Standardi	SFS-EN 1982						
Tiheys (kg/dm ³)	7,28 - 9,03	8,95	8,1	8,8	8,8	7,55	8,8
Murtolujuus (MPa)	100 - 930	145 - 160	200 - 350	220 - 510	220 - 510	410 - 850	150 - 180
Kovuus (HB)	20 - 220	17	50 - 85	60 - 170	45 - 80	110 - 195	50 - 65
Ominaisuus	Syöpymisen-kestävyys	Lämmön-johtavuus	Syöpymisen-kestävyys	Syöpymisen-kestävyys	Painetiiveys	Lujuus, korroosion-kesto korkeissa lämpötiloissa.	Korroosionkesto merelliset olosuhteet

Parhaan seoksen löytymiseksi kannattaa olla yhteydessä valimoon. Jokaisella valimolla voi myös olla omia materiaaleja standardien ulkopuolelta, joten näiden käyttämisestä on sovittava valimon kanssa.

Eri kuparimetallien ominaisuuksia

Suuren johtavuuden omaavia kupareita käytetään suuren sähkön- ja lämmönjohtavuuteen kohteisiin. **Messingit** (*kupari-tina seokset*), joissa tina on suurim-pana seosaineena, ovat helppoja valaa ja koneistaa, sekä niillä on hyvä korroosionkesto ilmassa ja makeassa vedessä. Niitä käytetään yleisesti putkistojen liittimissä ja enemmän seostettuja (lujempia) meriteknikassa. **Tinapronssit** (*kupari-tina seokset*), joissa tinan suhteellinen osuus on luokkaa 10 - 12 %, ovat haastavampia valaa kuin messingit, mutta niillä on parempi korroosionkesto. Ne kestävät hyvin hapanta vettä ja kattiloiden syöttövettä, jossain tapauksissa myös niitä käytetään kulutuksenkestävissä kohteissa. **Lyijytinapronsseja** (*kupari-tina-lyijy seokset*) käytetään yleisesti laakereihin, joissa kuormitukset ja pyörimisnopeudet ovat suuria. **Punametallit** (*kupari-tina-sinkki-lyijy*) sopivat parhaiten hiekkavaluun ja niissä on hyvä yhdistelmä valettavuutta, koneistet-avuutta ja lujuutta hyvällä korroosionkestolla. Niitä käytetäänkin yleisesti mon-imutkaisiin ja painetiiviisiin valukappaleisiin, kuten pumppuihin ja venttiileihin. Niitä voi myös käyttää laakereihin, missä kuormitukset ja nopeus ovat keski-tasoa. **Alumiinipronssit** (*kupari - alumiini seokset*), joissa alumiini on pääseo-saineena, ovat yhdistelmä korkeaa lujuutta ja korroosionkestoaa, mutta ovat haastavampia valaa. Niitä käytetään laivanrakennuksessa potkureihin, pump-puihin ja venttiileihin. Lisäksi niistä voidaan valmistaa kipinöimättömiä työkalu-ja.

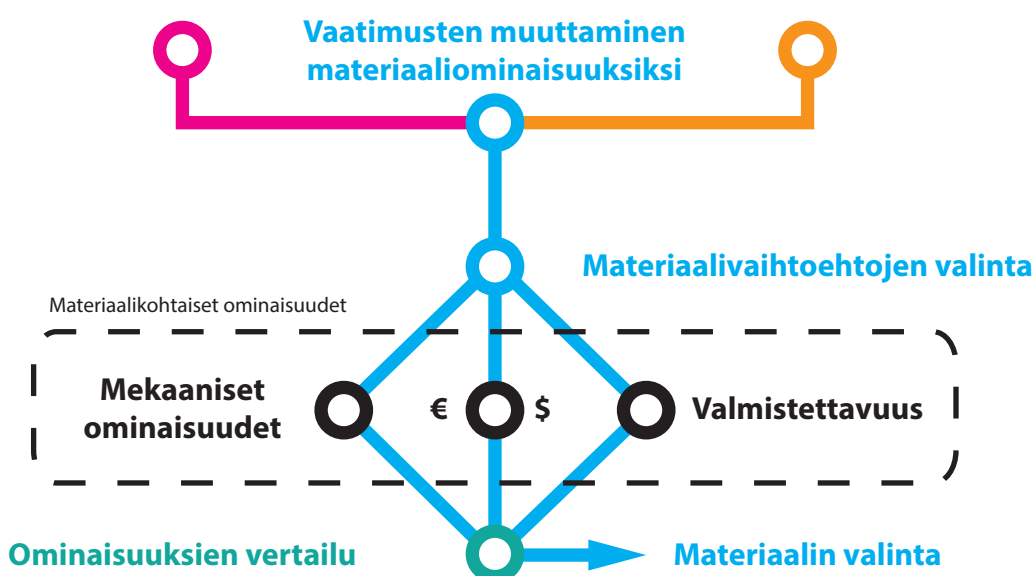
Materiaalien valinta

”Materiaalin valinta on tärkeä osa tuotteen suunnitteluprosessia, koska sillä voidaan vaikuttaa tuotteen ominaisuuksiin, valmistettavuuteen ja hintaan. Esimerkiksi suunnittelun tavoitteena olevan kevein ja lujuusvaatimukset täyttävä kappale ei välttämättä ole todellisilta kustannuksiltaan halvin, eikä ominaispainoltaan keveimmästä materiaalista. Materiaalivaihtoehtoja tulisi vertailla jo suunnitteluvaiheessa, koska myöhemmässä vaiheessa materiaalin muuttaminen tulee vaikuttamaan kappaleen konstruktion.”

Materiaalin valinnan yksinkertaistettu valintaprosessi

Toimintojen asettamat vaatimukset

Toimintaympäristön vaatimukset



Valittu materiaali vaikuttaa oleellisesti myös suunniteltaviin muotoihin. Alla on kuvattu suhteellisesti, miten eri materiaalit vaikuttavat saman taivutusjäykkyyden omaaviin muotoihin.

	GX		GJS		CB		GJL		AC	
Taivutusjäykkyys	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pinta-ala	100	44	105	49	116	63	124	72	136	85
Paino	100	44	95	45	131	71	113	66	45	29
Kustannus	100	44	12	6	213	115	12	7	21	13

Arvot ovat suuntaa antavia. Taivutusjäykkyys on laskettu materiaalin kimmomoduulin (keskiarvo materiaaliryhmän seoksista) ja jäyhyysmomentin tulona. Kustannus perustuu materiaalin kilohintaan, eikä siinä ole huomioitu valmistuskustannuksia.

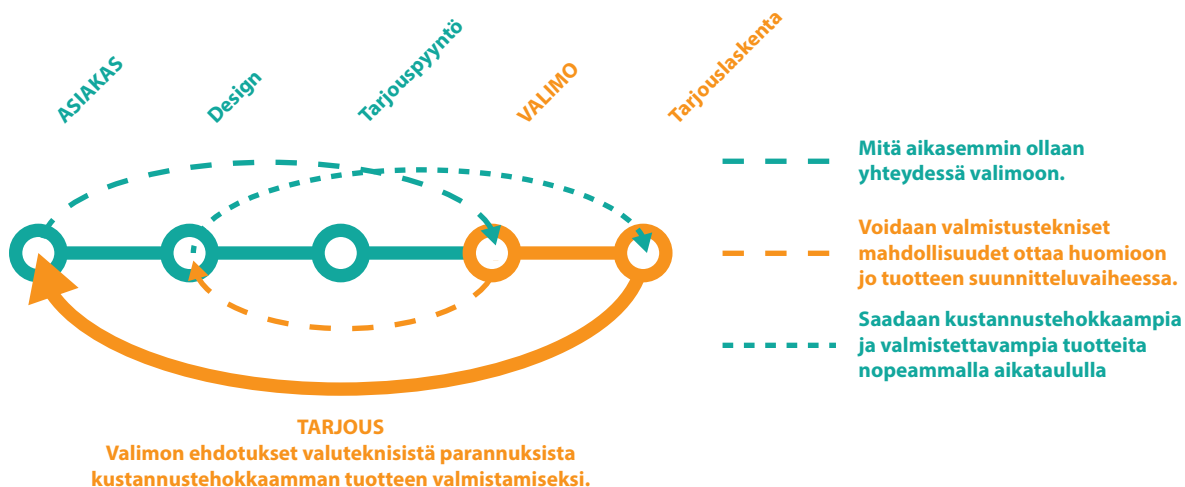


2 Menetelmät

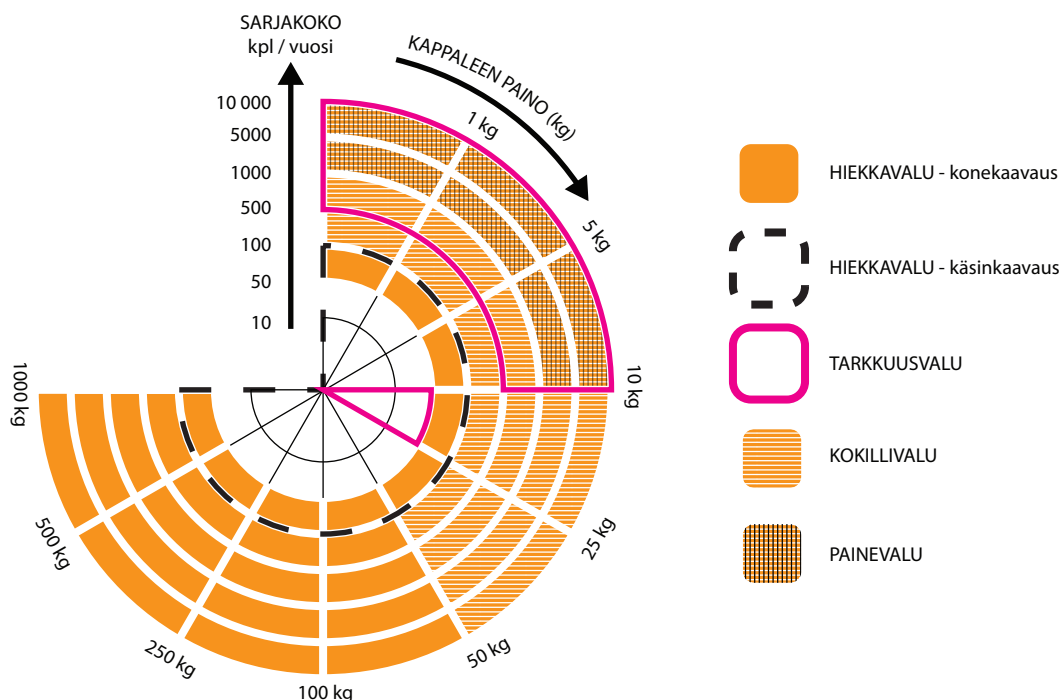
Menetelmän valinta

“Menetelmän perusteella tarjoukset lähetetään tietyille valmistajille. On myös tarkastettava, että kyseinen valmistaja käyttää haluttua materiaalia”

Menetelmän valinta → valimon valinta

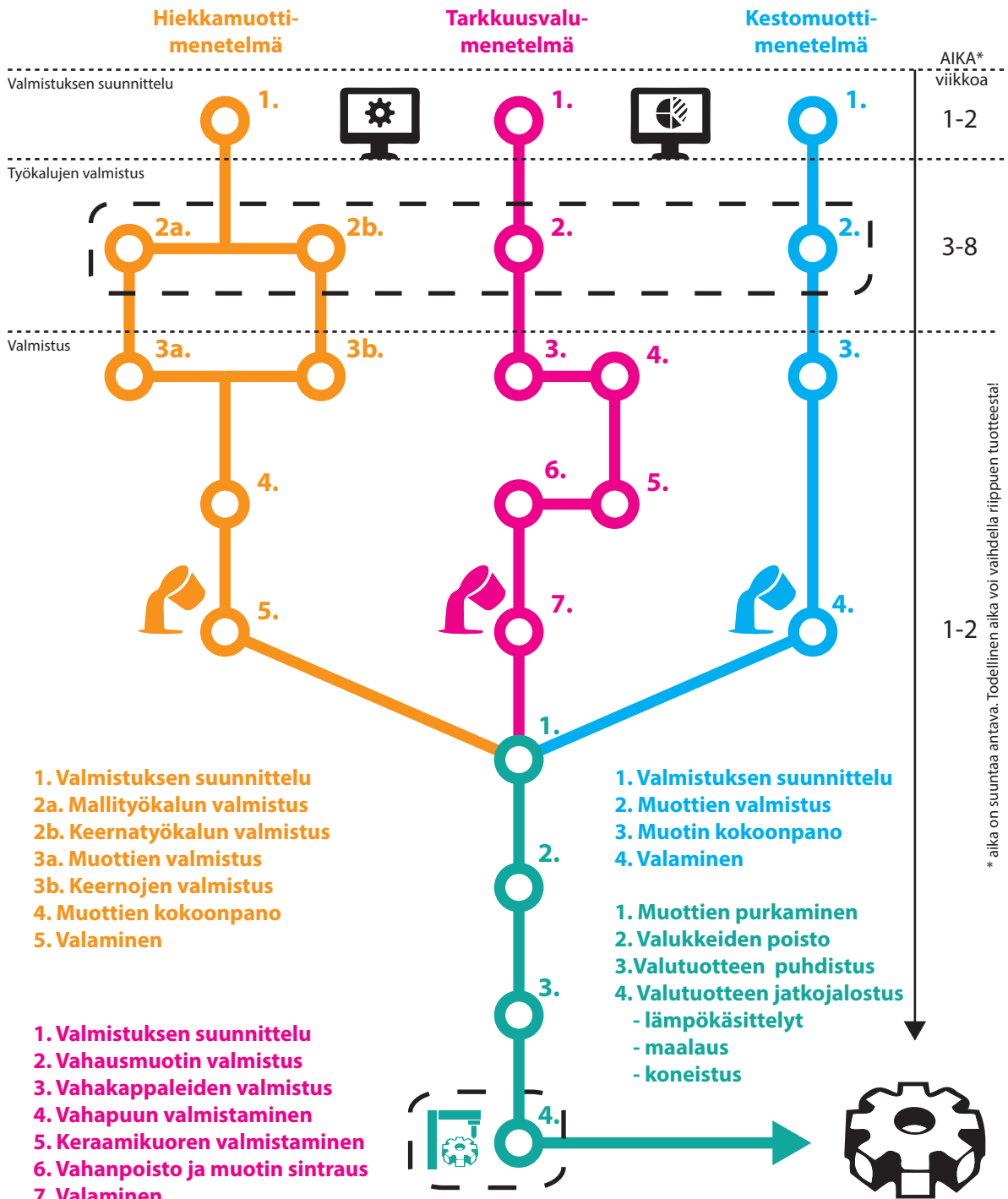


Kappaleen painon ja sarjakoön vaikutus menetelmän valintaan:



Valutuotteen valmistus

"Kun tarjous on hyväksytty, voidaan tuotetta ryhtyä valmistamaan"

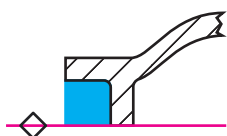


Kertamuottien mallityökalut

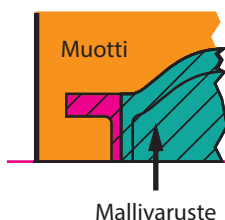
“Valaminen ei onnistu ilman valumallia, joka voidaan valmistaa puusta, muovista, vahasta tai metallista. Jos valumallissa joutuu käyttämään keernoja tai irtopaloja, valmistuskustannukset kasvavat. Näiden avulla voidaan saada aikaiseksi sellaisia muotoja, joita muilla valmistusmenetelmillä ei voi tehdä. Yleisesti valimot tilaavat mallityökalut, koska ne vaikuttavat kappaleen valmistamiseen”

Valumallista riippuen joudutaan muotti jakamaan useammalla eri tavalla. Muotinosien välille muodostuu jakotaso. Jotta valumallit saadaan irroitettua muotista, niissä on oltava hellitykset. Monimutkaisten muotojen tekemiseksi valumallissa voidaan käyttää irtopaloja tai muotissa keernoja.

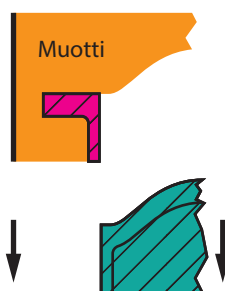
Haluttu muoto, sininen alue muodostaa vasta-hellityksen



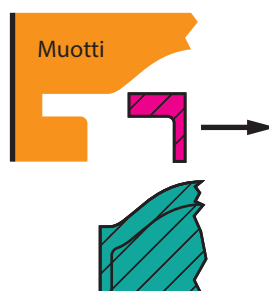
Mallivaruste koostuu kahdesta osasta



Ensimmäinen osa mallivarusteesta vedetään pois.

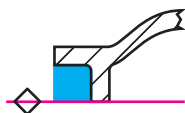


Irtopala vedetään lopuksi ulos muotista

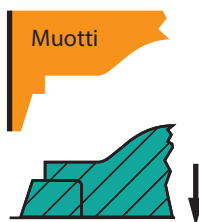
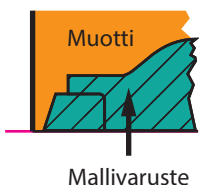


Keernat ovat muotin osia, jotka valmistetaan erillisinä ja lisätään muottiin sen kokoamisvaiheessa. Niiden avulla saadaan aikaan sellaisia muotoja, jotka eivät ole mahdollisia luonnollisesti. Keernojen valmistukseen tarvitsee erillisen työkalun, keernalaatikon. Keernalaatikoissa on oltava myös hellitykset, jotta keernat irtoavat.

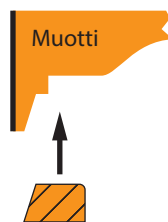
Haluttu muoto, sininen alue muodostaa vasta-hellityksen



Mallivarusteesta on huomioitu keernan paikka ja mallivaruste vedetään pois



Keerna asetetaan muottiin jälkikäteen omalle paikalle.



Keernalaatikko



Keernalaatikko täytetään hiekalla



Keernalaatikko avataan

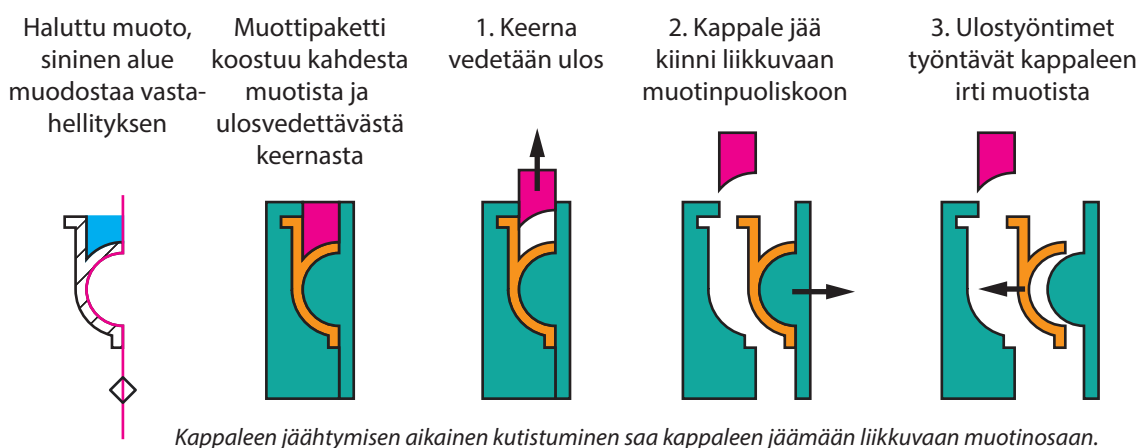


Valmis keerna asetetaan muottiin

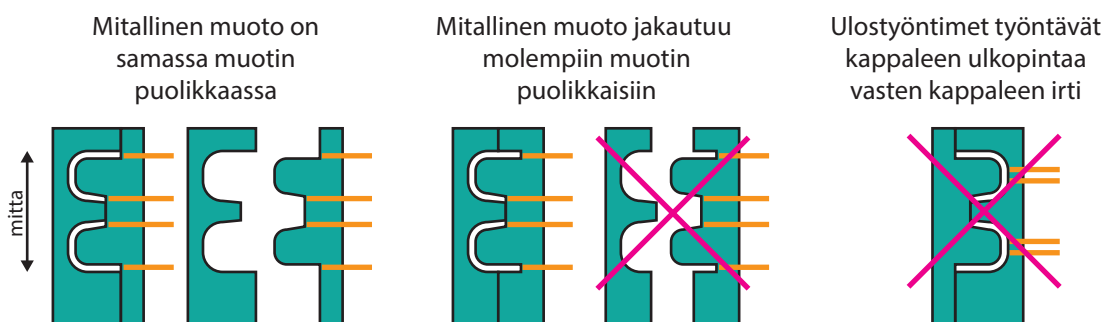
Kestomuottien mallityökalut

”Kestomuotit koostuvat yleensä kaksiosaisesta, työkaluteräksestä valmistetusta muotista. Kaksiosaisen muotin toista puoliskoa kutsutaan kiinteäksi (pesäpuoli) ja toista liikkuvaksi (keernapuoli). Näiden muotin puolikkaiden väliin muodostuu jakotaso. Kestomuotit voivat olla erittäin monimutkaisia ja sisältää erillisiä ulosvedettäviä keernoja, joiden johdosta ne voivat olla suhteellisen kallita.”

Kappale tulisi sijoittaa muottiin niin, että se jää kiinni liikkuvaan muotin osaan, josta se voidaan ulostyöntimien avulla työntää irti muotista. Vaikeiden ja vastapäästöllisten muotojen tekemiseen voidaan käyttää ulosvedettäviä keernoja.



Työstökustannusten ja mittatarkkuuden kannalta on edullista suunnitella kappale siten, että kaikki muodot ovat samassa muotinpuoliskossa. On myös syytä välttää syviä/korkeita ja kapeita muotoja. Jos kappaleella on vaatimuksia ulkonäön suhteen, niin tämä pinta olisi hyvä olla kiinteässä muotin puoliskossa, koska ulostyöntimistä jää jäljet kappaleeseen.



Käytössä olevaan valukoneeseen menee vain tietyn kokoinen muotti. Kappaleen koko ja pesien määrä määrittää käytettävän muotin koon. Muoteissa on syytä huomioda, että sisäänvaluportti asettuu usein jakopinnalle kappaleen alapuolelle. Kappale on syytä muotoilla siten, että materiaalilla on esteetön virtaus kappaleen perimmäisiin osiin. Muotin täyttyminen vaikuttaa kappaleen laatuun.

Hiekkamuottimenetelmä

”Hiekkamuottimenetelmässä muotit valmistetaan valumallin avulla hiekasta, joka kovettuu sideaineen avulla. Kaavauskehys asetetaan mallivarusteiden päälle, ja nämä täytetään hiekalla, jonka annetaan kovettua. Kovettuneesta hiekkamuotista irroitetaan mallivarusteet, joissa pitää olla irroitussuuntaiset päästöt, jotta mallivarusteet irtoa muotista. Muotissa voidaan käyttää keernoja tai mallivarusteissa irtopaloja, joten tällä menetelmällä saadaan aikaan erittäin monimutkaisia kappaleita. Lopuksi muotin puolikkaat pistetään vastakkain ja muottiin valetaan haluttu materiaali.”

Hiekkamuottimenetelmän ohjearvoja

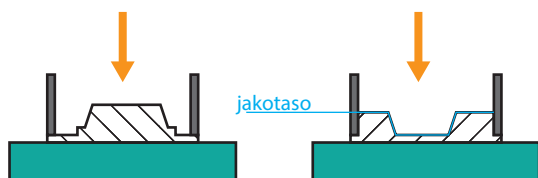
Kappalepainot	100 g - 200 000t
Valettavat materiaalit	mikä tahansa
Taloudellinen sarjakoko	1 - 100 (käsinkaavaus) 50 - 1000 (konekaavaus)
Pienin seinämävahvuus	3 - 5 mm (riippuen materiaalista)
Muotoilun vapaus	Erittäin hyvä
Mallivarusteiden kustannus (1 = halpa 5 = kallis)	1 - 2 (käsinkaavaus) 3 (konekaavaus)



Hiekkamenetelmällä päästää pinnanlaatuun 300 - 900 RMS (Pinnanlaatuun vaikuttaa käytettävä hiekka ja menetelmä)

Hiekkamuottimenetelmän vaiheet

1. KAAVAUSKEHÄ TÄYTETÄÄN HIEKALLA



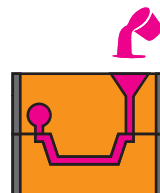
2. MUOTTI VALMISTUU JA SE IRROITETAAN MALLIVARUSTEISTA



3. MUOTTIEN KOKOONPANO



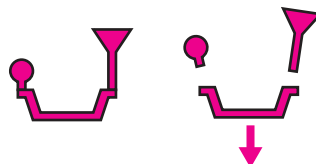
4. VALAMINEN



5. MUOTIN PURKAMINEN



6. VALUKKEIDEN POISTO



PUHDISTUKSEEN JA JATKOJALOSTUKSEEN

Tarkkuusvalumenetelmä

”Tarkkuusvalussa käytetään keraamista valmistettuja muotteja. Keraamiset muotit saadaan aikaiseksi vahamalleja käyttämällä, joiden päälle keraamikuori tehdään. Tämän jälkeen vaha sulatetaan pois ja muottiin voidaan valaa haluttua materiaalia. Tarkkuusvalua voidaan käyttää yksittäisten ja pienten prototyyppisarjojen valamiseen, mutta se on taloudellinen myös suurilla sarjoilla. Keraamisten muottien materiaalikustannukset ovat suuret, mutta sopii erittäin hyvin kappaleille joilla on suuret tarkkuusvaatimukset. Keraamimuotit rajoittavat kappaleen kokoa, mutta tarjoavat erittäin suuren muotoilun vapauden.”

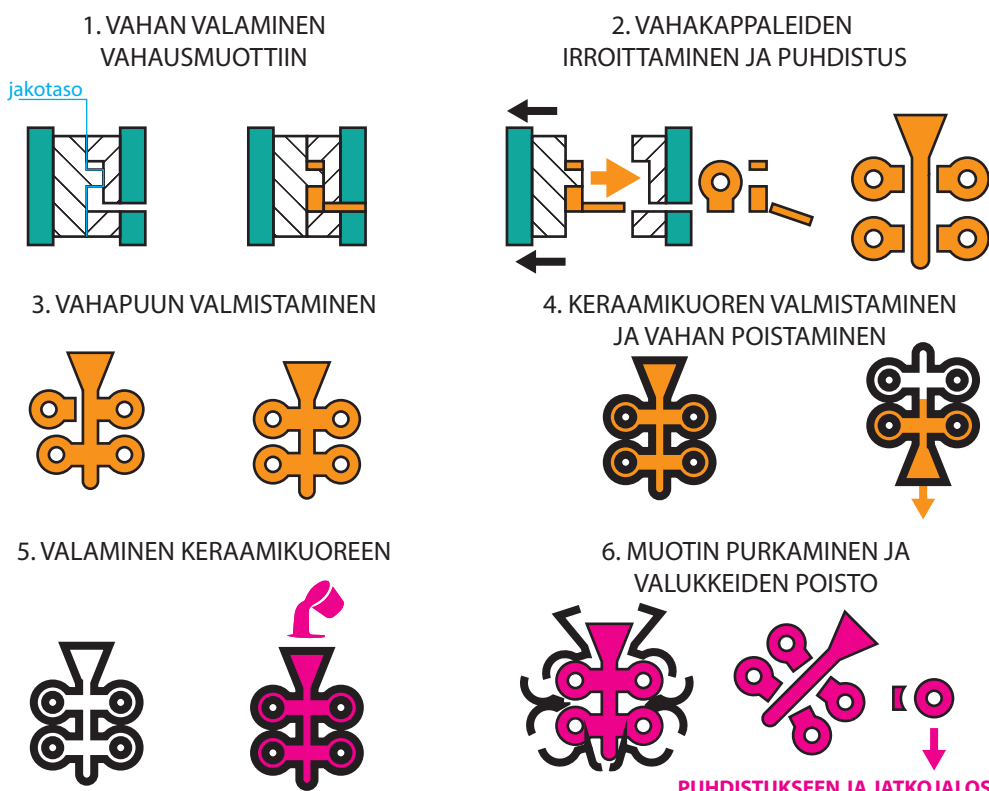
Tarkkuusvalumenetelmän ohjearvoja

Kappalepainot	1g - 10 kg (25 kg)
Valettavat materiaalit	mikä tahansa
Taloudellinen sarjakoko	1 - 50 (prototyypit ja suuret kappaleet) 500 - 10 000 (pienet kappaleet)
Pienin seinämänvahvuus	2 - 5 mm (riippuen materiaalista)
Muotoilun vapaus	Erittäin hyvä
Mallivarusteiden kustannus (1 = halpa 5 = kallis)	2



Tarkkuusvalumenetelmän vaiheet

Tarkkuusvalulla päästää pinnanlaatuun 50 - 125 RMS



Kestomuottimenetelmä: Painevalu

“Painevalussa sula metalli työnnetään suurella nopeudella muottiin ja kappale jähmettyy erittäin nopeasti. Suuren nopeuden takia virtaus muotissa on erittäin turbulентtinen ja kappale on täynnä mikrohuokosia. Painevalussa on syytä huomioida, että kappale täytetään ja syötetään samasta suunnasta. Yleisesti paineervalua käytetään pienten ja ohutseinämäisten kappaleiden valmistamiseen ja siinä päästään erittäin hyvään mittatarkkuuteen”

Painevalumenetelmän ohjearvoa

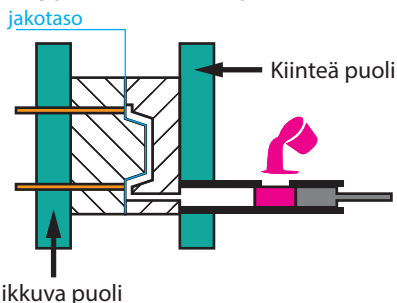
Kappalepainot	10 g - 10 kg
Valettavat materiaalit	Al, Mg, Zn, Sn
Taloudellinen sarjakoko	1000 +
Pienin seinämänvahvuus	1 - 3 mm (riippuen materiaalista)
Muotoilun vapaus	Kohtalainen
Mallivarusteiden kustannus (1 = halpa 5 = kallis)	5



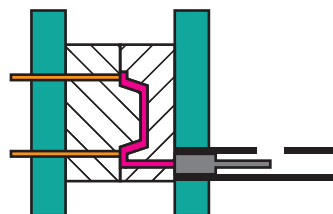
Painevalun pinnanlaatu. Kestomuoteilla päästää pinnanlaatuun 20 - 120 RMS

Painevalumenetelmän vaiheet

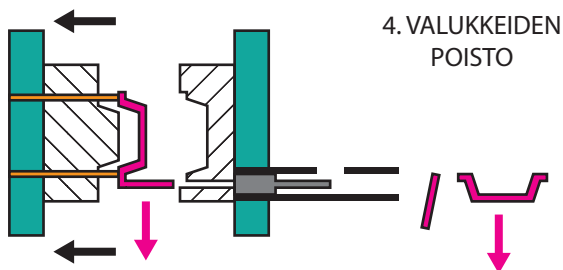
1. MUOTTI SULJETAAN JA VALUPANOS ANNOTELLAAN PAINESYLINTERIIN



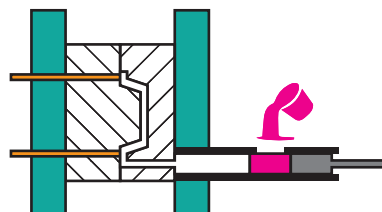
2. MÄNTÄ PAINAA VALUPANOKSEN SUURELLA PAINEELLA MUOTTIIN



3. MUOTTI AVAUTUU JA ULOSTYÖNTIMET TYÖNTÄVÄT KAPPALEEN MUOTISTA ULOS



5. MUOTTI SULJETAAN JA UUSI VALUKIERROS ALKAA



4. VALUKKEIDEN POISTO

PUHDISTUKSEEN JA JATKOJALOSTUKSEEN

Kestomuottimenetelmä: Kokillivalu

“Kokillivalussa kappale jäähtyy ja jähmettyy nopeasti, näin ollen valukappale saa hienojakoisen ja tiiviin mikrorakenteen ja sitä kautta hyvät mekaaniset ominaisuudet. Kappale on hyvä muotoilla niin, että se saadaan irrotettua muotista käsin, joten siinä täytyy olla riittävät hellitykset ja järkevästi mietitty jakotaso sekä sopivat paikat valujärjestelmälle. Kokillimuotissa voi yksi tai useampi pysty- tai vaakasuuntainen jakotaso.”

Kokillivalumenetelmän ohjearvoja

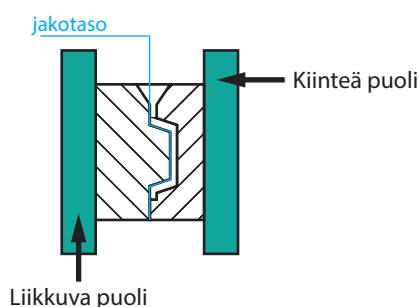
Kappalepainot	10 g - 50 kg
Valettavat materiaalit	Al, Mg, Zn,
Taloudellinen sarjakoko	100 - 10 000 kpl
Pienin seinämävahvuus	2 - 4 mm (riippuen materiaalista)
Muotoilun vapaus	Rajoitettu
Mallivarusteiden kustannus (1 = halpa 5 = kallis)	3-4



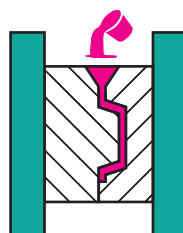
Kokillivalun pinnanlaatu. Kestomuoteilla päästää pinnanlaatuun 20 - 120 RMS

Kokillivalumenetelmän vaiheet

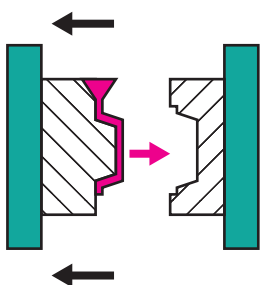
1. MUOTTI SULJETAAN



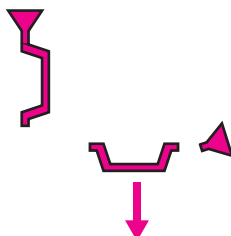
2. VALAMINEN MUOTTIIN



3. MUOTTI AVAUTUU JA KAPPALE OTETAAN POIS MUOTISTA

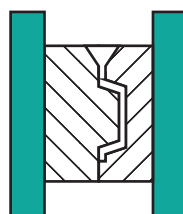


4. VALUKKEIDEN POISTO



PUHDISTUKSEEN JA JATKOJALOSTUKSEEN

5. MUOTTI SULJETAAN JA UUSI VALU ALKAA



Kestomuottimenetelmä: Matalapainevalu

“Matalapainevalussa muotti sijaitsee uunin päällä ja uuniin johdetaan pieni ylipaine, jonka johdosta sula metalli nousee nousuputkea rauhallisesti ylös muottiin. Kappaleen jähmetyttyä ylipaine poistetaan ja sula laskeutuu takaisin uuniin. Kappaleet suunnitellaan samalla tavalla kuin kokillivalussa ja syöttäminen tapahtuu pääsääntöisesti valukanaviston kautta. Matalapainevalussa voidaan jossain sovelluksissa käyttää myös hiekkakeernoja hankaliin muotoihin”

Matalapainevalumenetelmän ohjearvoja

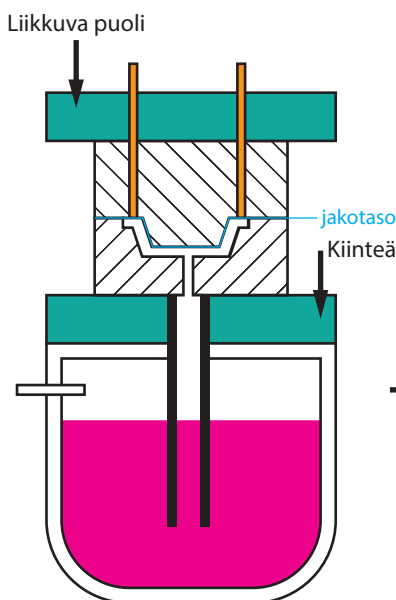
Kappalepainot	5 kg - 25 kg
Valettavat materiaalit	Al, Mg, Zn, Sn
Taloudellinen sarjakoko	2000 - 10 000 kpl
Pienin seinämänvahvuus	4 - 10 mm (riippuen materiaalista)
Muotoilun vapaus	Rajoitettu
Mallivarusteiden kustannus	4 - 5
(1 = halpa 5 = kallis)	



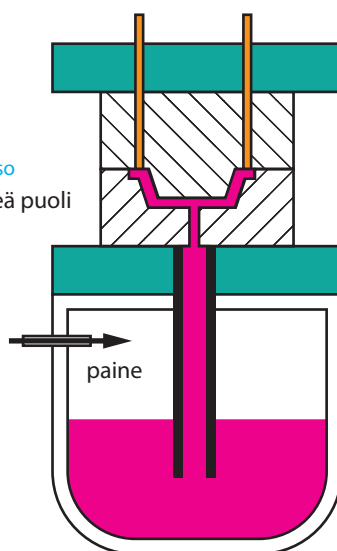
Matalapainevalumenetelmän vaiheet

Painevalun pinnanlaatu. Kestomuoteilla päästää pinnanlaatuun 20 - 120 RMS

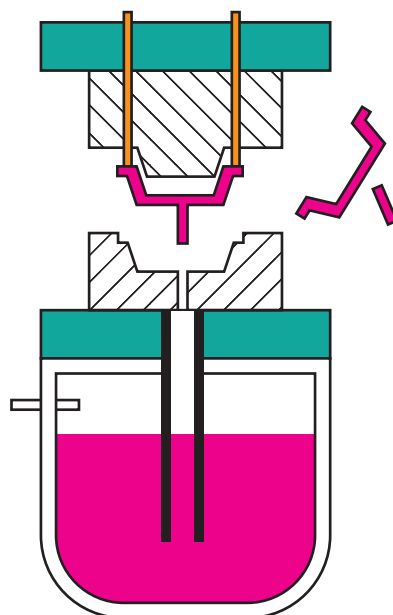
1. MUOTTI SULJETAAN



2. UUNI PAINESTETAAN JA SULA NOUSEE NOUSUPUTKEA PITKIN MUOTTIIN



3. MUOTTI AVAUTUU JA ULOSTYÖNTIMET TYÖNTÄVÄT KAPPALEEN MUOTISTA ULOS



Kestomuottimenetelmä: Keskipakovalu

”Keskipakovalulla valmistetaan pääsääntöisesti pyörähdyssymmetrisiä sylinterimäisiä tai kuppimaisia kappaleita. Keskipakovalua voidaan käyttää myös yksinkertaisiin muotovaluihin. Keskipakovalussa sula metalli kaadetaan joko pysty- tai vaakasuorassa pyörivään metallimuottiin, jossa sula asettuu keskipakovoiman vaikutuksesta muotin seinämiä vasten ja kappaleen keskelle muodostuu tyhjä tila.”

Keskipakovalun ohjearvoja

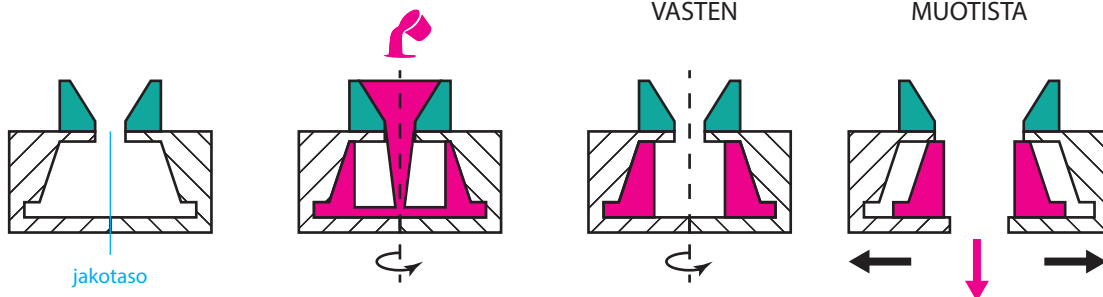
Kappalepainot	1 kg - 5000 kg
Valettavat materiaalit	Rautametallit, Cu- seokset
Taloudellinen sarjakoko	10 - 10000 kpl
Pienin seinämävahvuus	9 - 125 mm (riippuen materiaalista)
Muotoilun vapaus	Rajoitettu pyörähdyssymmetrisiin
Mallivarusteiden kustannus (1 = halpa 5 = kallis)	3-4



Pystysuora keskipakovalu

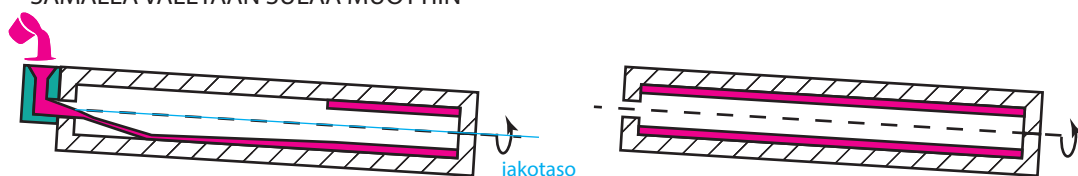
Kokillivalun pinnanlaatu. Kestomuoteilla päästää pinnanlaatuun 20 - 120 RMS

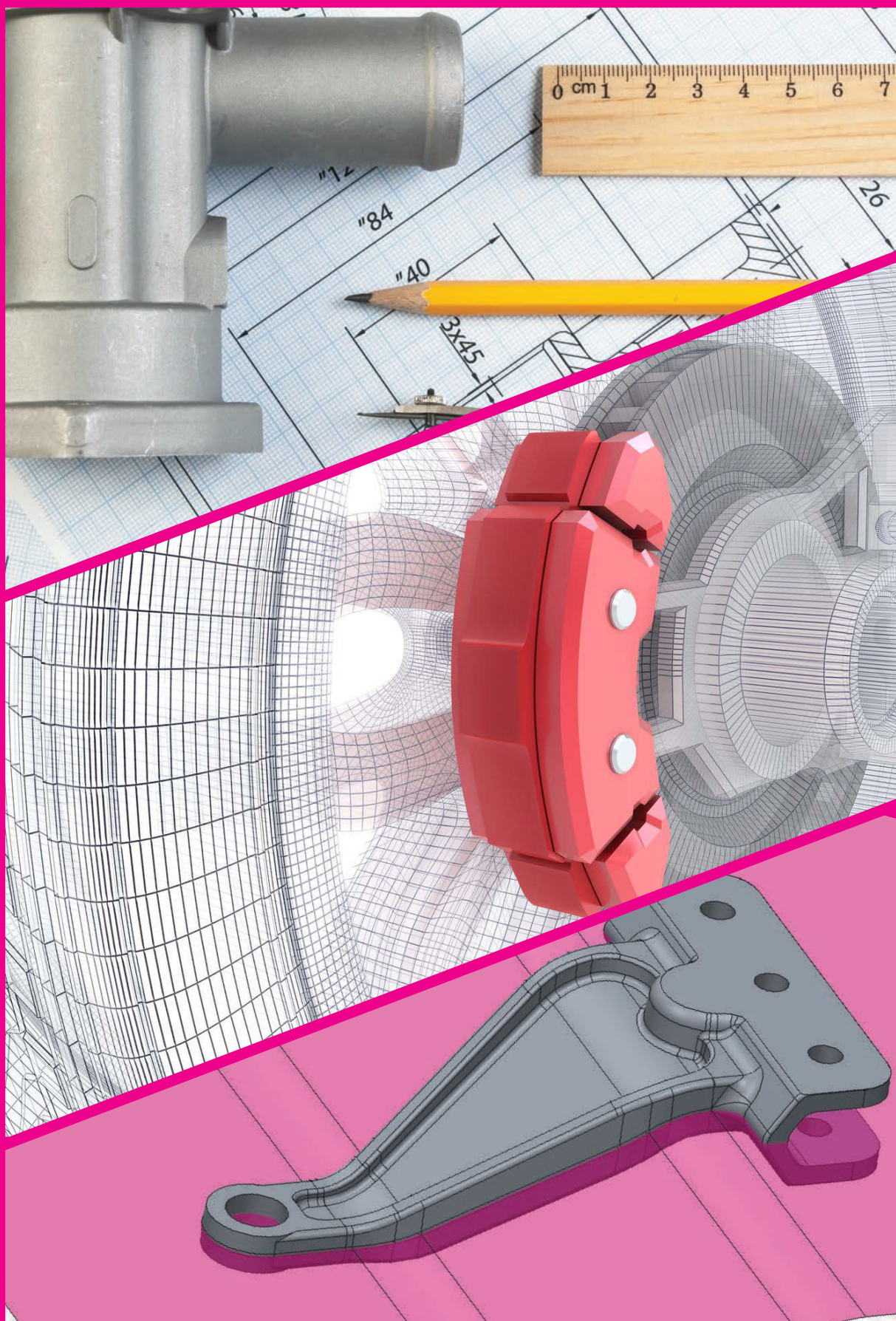
1. MUOTTI SULJETAAN
2. MUOTTI PYÖRII AKSELIN YMPÄRI JA VALETAAN
3. SULA JÄHMETTYY MUOTIN PINTAA VASTEN
4. MUOTTI AVATAAN JA KAPPALE IRROITETAAN MUOTISTA



Vaakasuora keskipakovalu

1. MUOTTI PYÖRII VAAKASUORAN PYÖRÄHDYSAKSELIN YMPÄRI JA SAMALLA VALETAAN SULAA MUOTTIIN
2. SULA JÄHMETTYY MUOTIN PINTAA VASTEN JA KAPPALE JÄÄ ONTOKSI.





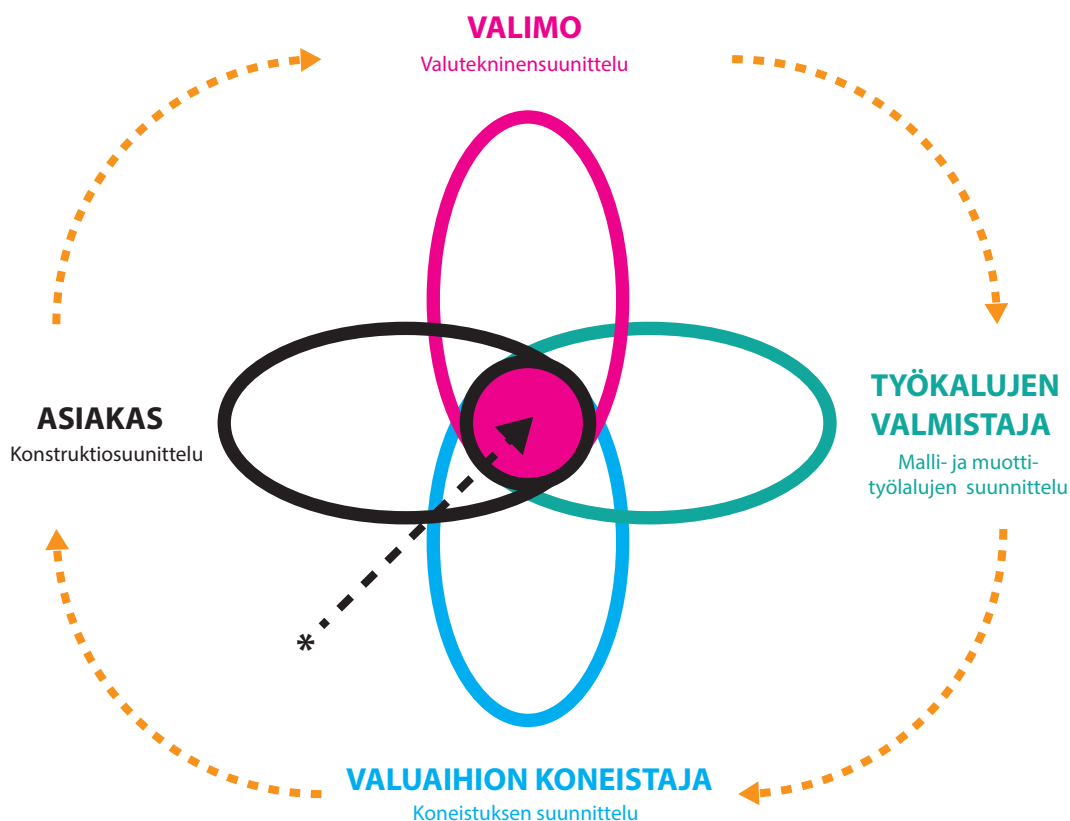
3 Suunnittelu

Valutuotteiden suunnittelu

“Valutuotteiden suunnittelun erityispiirteet liittyvät lopputuotteen toimintaympäristöön, tuotteelta vaadittuihin ominaisuuksiin, valittuun materiaaliin ja valumenetelmään. Lisäksi siihen vaikuttaa myös valitun valimon toimintatavat. Parhaaseen lopputulokseen päästään jos ollaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa yhteydessä valimoon ja suunnitellaan tuote yhteistyössä valmistajan kanssa.”

Valutuote itsessään on hyvin harvoin lopputuote, vaan se on osakokonaisuus jostain varsinaisesta lopputuotteesta. Valukappaleita suunnitellaan, jotta voidaan hyödyntää suurta muotoilun vapautta ja välttää turhalta koneistamiselta. Koneistus voi olla yksi valmistuksen kalleimmasta työvaiheesta.

Valukappaleiden suunnitteluun liittyvät osapuolet ja suunnittelun vaiheet

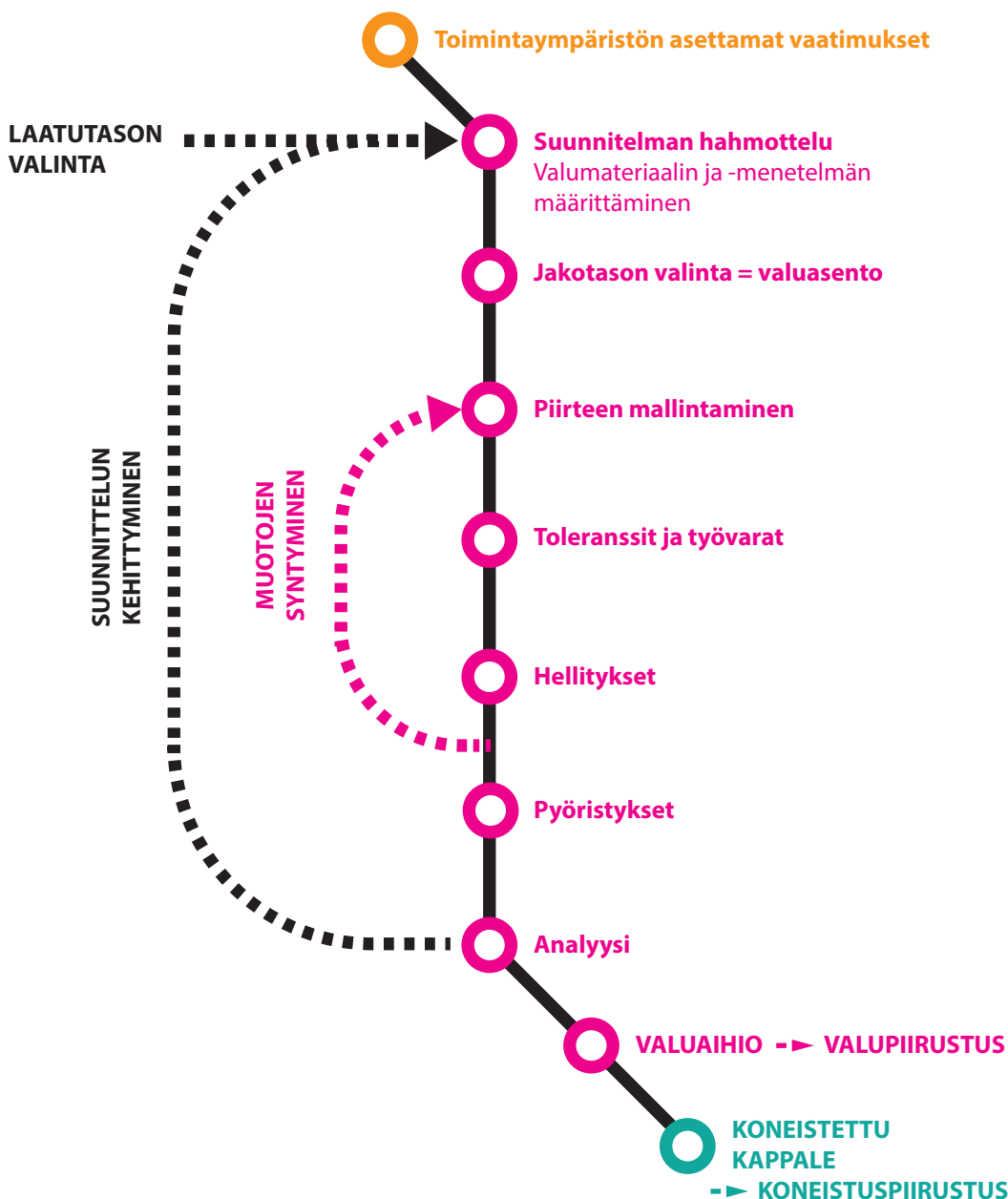


- Jos suunnitteluvaiheet tehdään peräkkäin, aikasemmassa vaiheessa tehtyihin ratkaisuihin on vaikea puuttua ja suunnitteluun käytetty aika voi kasvaa ja lisäksi se voi aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia tuotekehitykseen.

* Kaikista parhaimmat tuotteet suunnitellaan yhteistyössä jokaisen toimijan kanssa, jolloin valmistusmenetelmien tuomat mahdollisuudet ja rajoitteet voidaan ottaa huomioon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Yhteistyö voi tuntua aluksi haastavalta, mutta kun yhteiset pelisäännöt on saatu sovittua, niin siihen kulutettu aika maksaa itsensä takaisin monin- kertaaisesti laadukkaamman tuotteen ja aikaisemman tuotannon alkamisen muodossa.

Suunnitteluprosessi

“Valutuotteiden suunnitteluun ei ole yksiselitteistä suunnitteluprosessia, koska tuote voi olla uusi, toiminnallisesti muunneltu versio vanhasta tai se on voitu valmistaa aiemmin jollain muulla valumenetelmällä. Suunnitteluprosessin lopputuloksena on saada aikaiseksi sellainen dokumentaatio, joka pitää sisällään kaiken olennaisen tiedon mitä tarvitaan kappaleen valmistamiseksi. Ainakin seuraavia asioita tulee ottaa huomioon valukappaleen suunnittelussa”



Valutuotteiden suunnittelu ei ole helppoa, mutta mitä enemmän pystyy ottamaan huomioon valmistusteknisiä ratkaisuja jo suunnitteluvaiheessa, niin on edellytyksiä saada laadukas ja kustannustehokas tuote aikaiseksi. Suunnittelijan on syytä tiedostaa mitkä asiat vaikuttavat onnistuneeseen lopputulokseen ja mistä saattaa joutua keskustelemaan valimon kanssa. Jos on epävarma jostain piirteestä, niin kannattaa se jättää tekemättä ja ottaa yhteyttä valimoon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

Suunnitelman hahmottelu: Kynällä ja paperilla

”Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty. Ennen kuin ryhtyy mallintamaan, on hyvä hahmotella alustavaa suunnitelmaa paperille. Tällöin kokonaisuus pysyy paremmin hallinnassa ja suunnittelun toteuttaminen on vain tekninen suorite”



Päämitat



Koordinaatiston paikoitus



Koneistettavat pinnat



Aputasojen paikat



Jakotaso = valuasento



Piirteiden mallinnusjärjestys

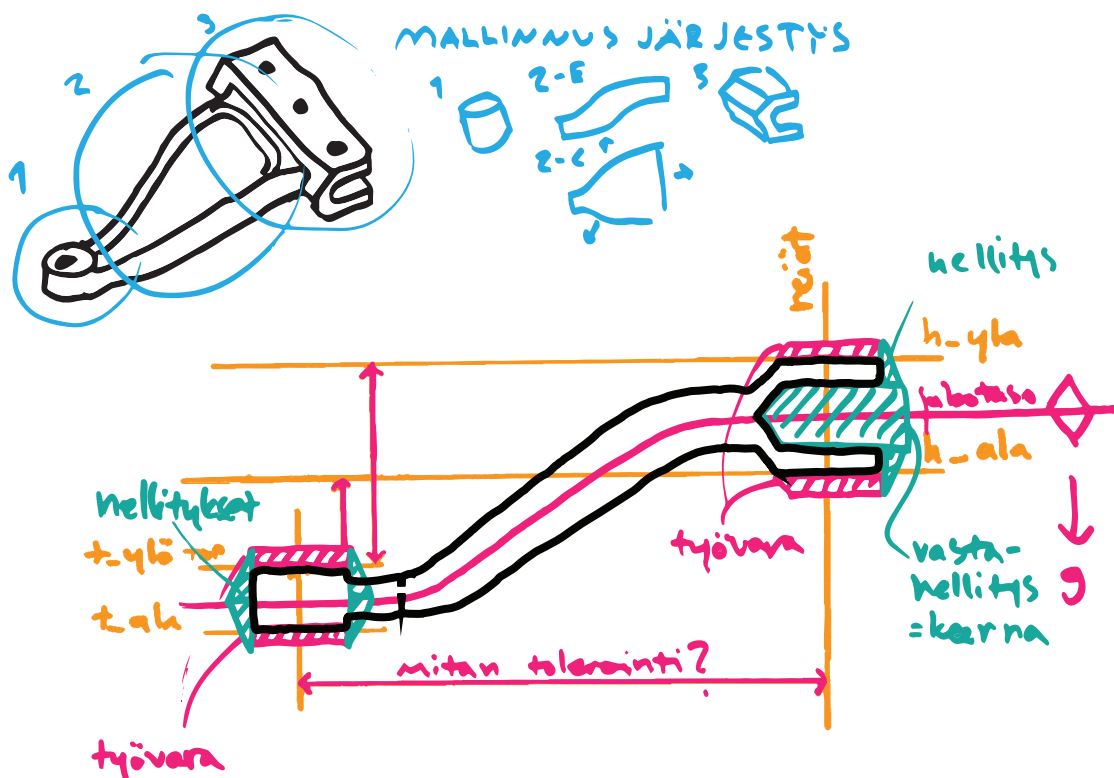


Hellitykset ja vastahellitykselliset muodot = keernojen tarve



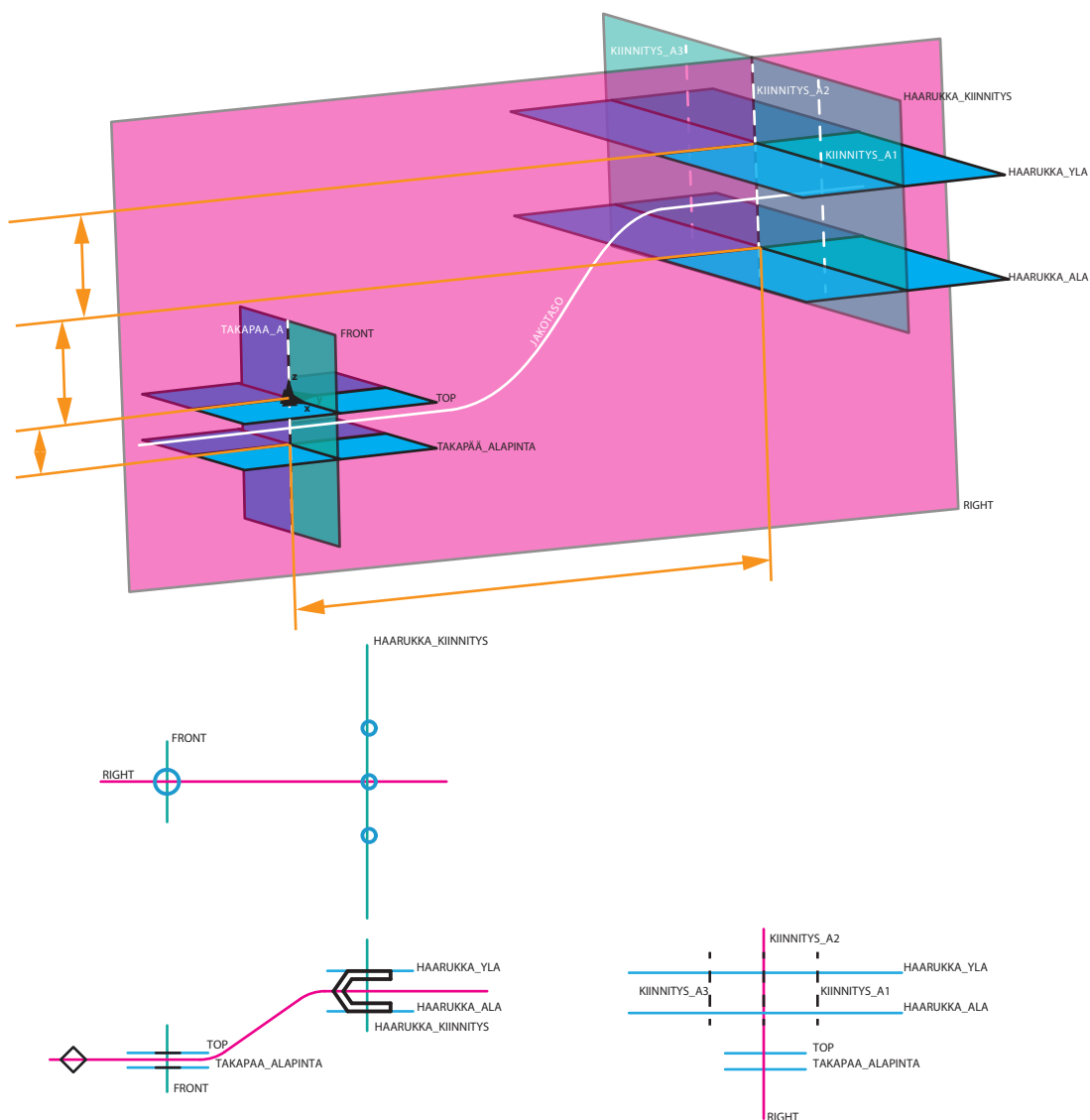
Piirteiden nimeäminen

Suunnitelmassa on hyvä ainakin pohtia yllä olevia kohtia.



Suunnitelman hahmottelu: Aputasot

”Suunnitelman teknisessä toteuttamisessa kannattaa hyödyntää ohjelmiston aputasoja, koordinaatioita, akseleita ja pisteitä, jotka muodostuvat päämittojen ja koneistettavien pintojen sekä määrävien piirteiden mukaan. Kun muotojen piirteet sitoo näihin aputasoihin, niin 3D-tiedosto pysyy paremmin hallussa ja mittoja voi tarvittaessa muuttaa helposti jälkikäteen muuttamalla vain näiden aputasojen paikoitusta.”



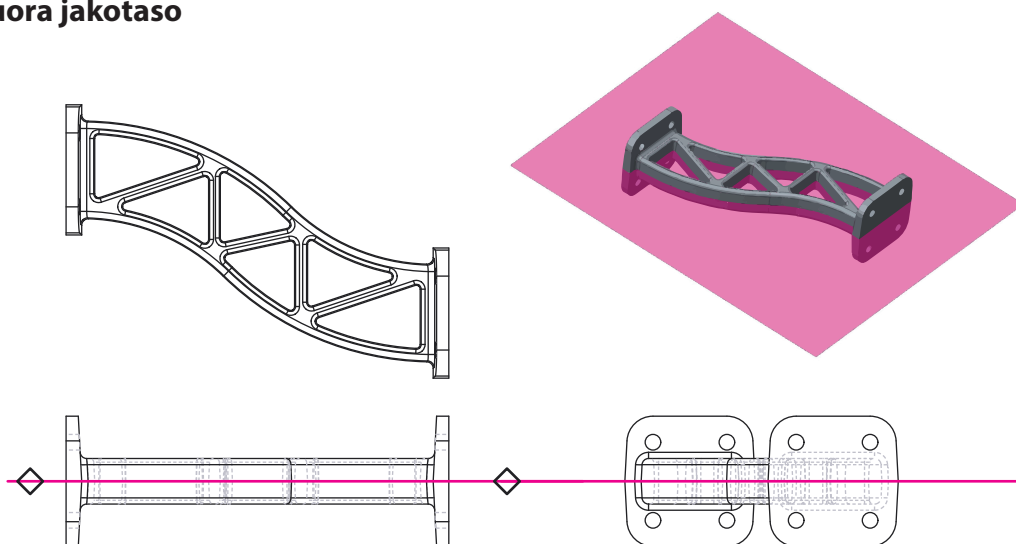
Apupiirteitä saattaa tulla monimutkaisiin tuotteisiin useita, joten on tärkeää suunnitella etukäteen mitkä apupiirteet ovat tärkeitä ja ne olisi syytä myös nimetä asianmukaisesti. Suunnittelemalla etukäteen apupiirteet voi säästää merkittävästi aikaa suunnitelman toteuttamisessa. Joidenkin muotojen tekemiseen saattaa tarvita lisäksi apupiirteitä kesken mallintamisen.

Jakotaso

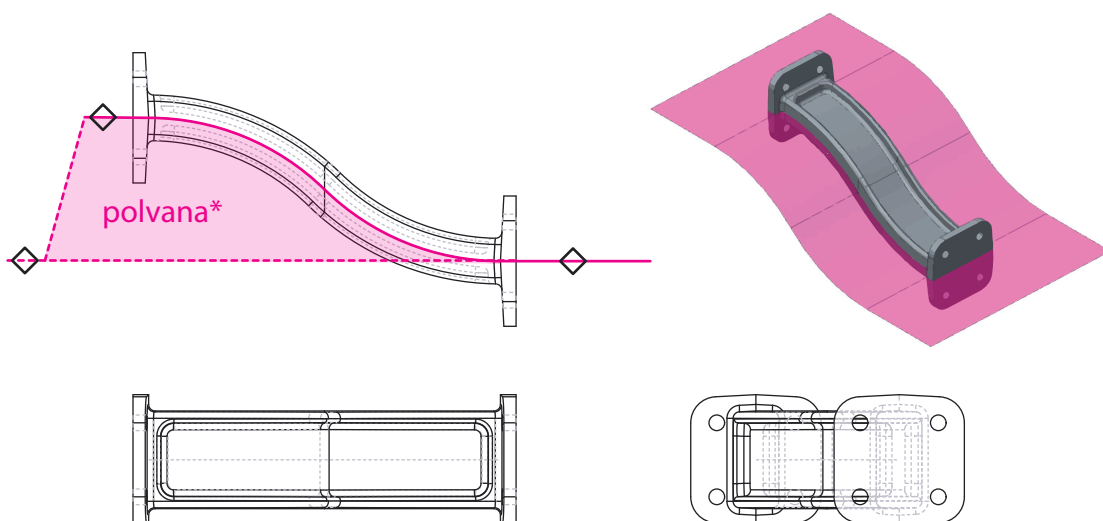


”Jokaisessa valutuotteessa on jakotaso (jakopinta), joka on kahden muotinosan välinen kosketuspinta. Jakotaso on valutuotteiden suunnittelun perusta. Kustannusten ja valmistettavuuden kannalta suora jakotaso olisi ihanteellinen. Murtojakopinta muodostaa muotteihin polvana- muodon, joka lisää valmistuskustannuksia. Lopputuotteessa on huomioitava, että jakotaso jättää lopulliseen tuotteeseen näkyvän muodon”

Suora jakotaso



Epäsuora jakotaso = murtojakopinta



* Murtojakopinta poikkeaa aina lähtevästä jakotasosta muodostaen polvanan, koska se palaa aina varsinaiselle jakotasolle. Polvana on vastakkaisessa muotinpuolikkaassa oleva uloke, joka suuntautuu kohti vastakkaista muotinpuolikasta.

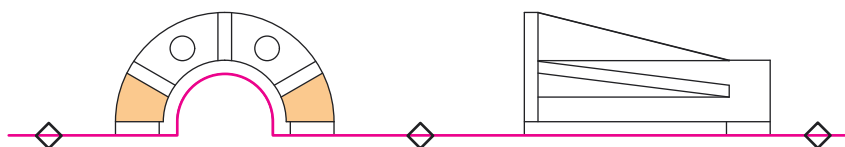
Jakotaso: Valuasento



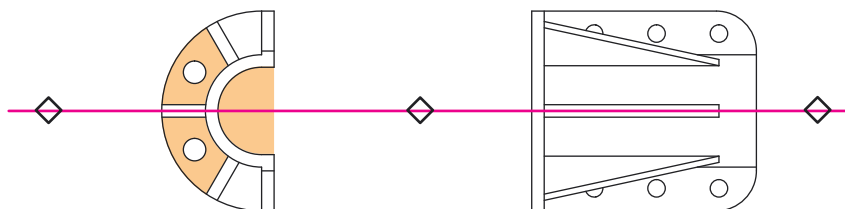
“Valumenetelmä ja jakotaso määrittää valutuotteen valuasennon.

Valuasennolla tarkoitetaan kappaleen asentoa muotissa suhteessa painovoiman suuntaan, jakotasoon, sisäänmenokanaviin tai mahdollisiin syöttöihin. Valukappale tulisi pyrkiä asettamaan painovoiman suuntaan nähden siten, että paksuimmat kohdat ovat ylimpänä syöttökupujen alla, eikä paksuja kohtia jää ohuiden kohtien ympäröimäksi. Tuotteen valuasennon valinnalla voidaan vaikuttaa tuotteen eri osien valun laatuun.”

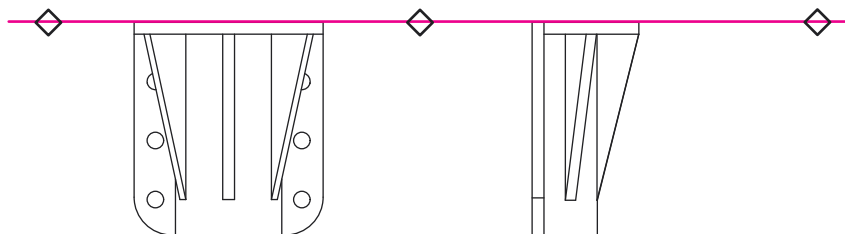
Murtojakopintoja olisi hyvä välttää (= niitä ei kuitenkaan kannata pelätä).



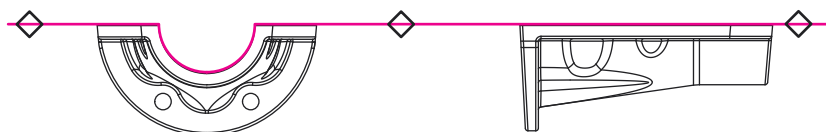
Keernat ja erilliset irtopalat nostavat tuotteen hintaa.



Suuret työstettävät pinnat olisi hyvä sijoittaa joko pystyyn tai alaspäin.



Valukappale tulisi sijoittaa muottiin siten, että se on mahdollisimman matala.

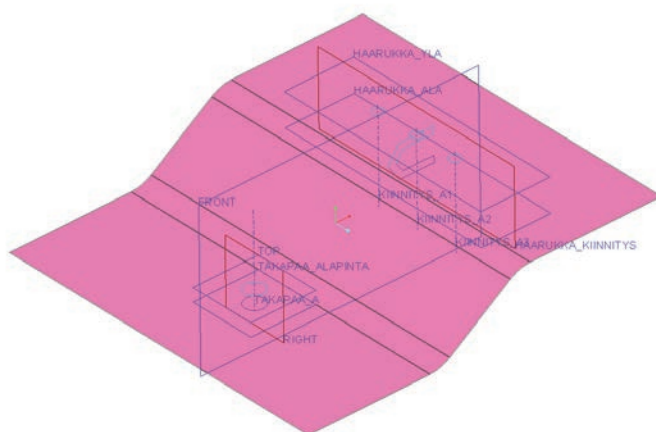


Valuasento määrittää hellitykset valukappaleelle. Muoto muodostaa vastahellitykset jakotasoon nähden, joten se joudutaan tekemään keernalla. Vastapäästöjä voi välttää muotoilemalla kappaletta tai vaihtamalla valuasentoa.

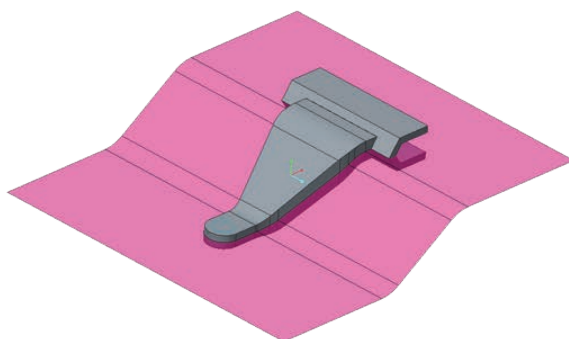
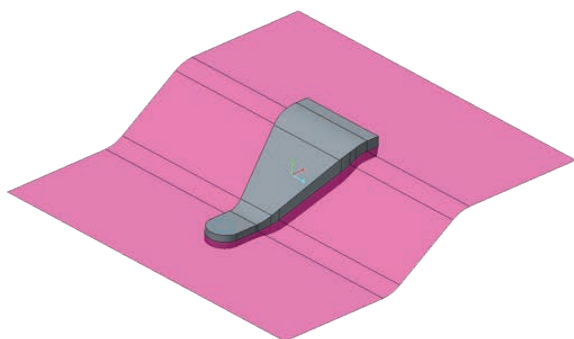
Muotojen syntyminen

”Muotojen syntyminen on tekninen suorite, jossa yhdistetään toiminnallisuudet toisiinsa tarvittavilla muodoilla ottaen huomioon muotoilua rajoittavat tekijät. Yksinkertaiset muodot muodostavat kauniin kokonaisuuden, joten valutuotteen jokaisella muodolla tulisi olla tarkoitus. Muodot syntyvät jakotason ja määritettyjen aputasojen mukaisesti, muodostaen kokonaisuuden.”

Jakotaso on ensimmäinen mallinnettava muoto. Jakotaso toimii muotojen perustana ja muodoissa kannattaa käyttää mahdollisimman yksinkertaisia perusmuotoja, joista pursottamalla ja leikkamalla saadaan aikaiseksi tarvittavat muodot.



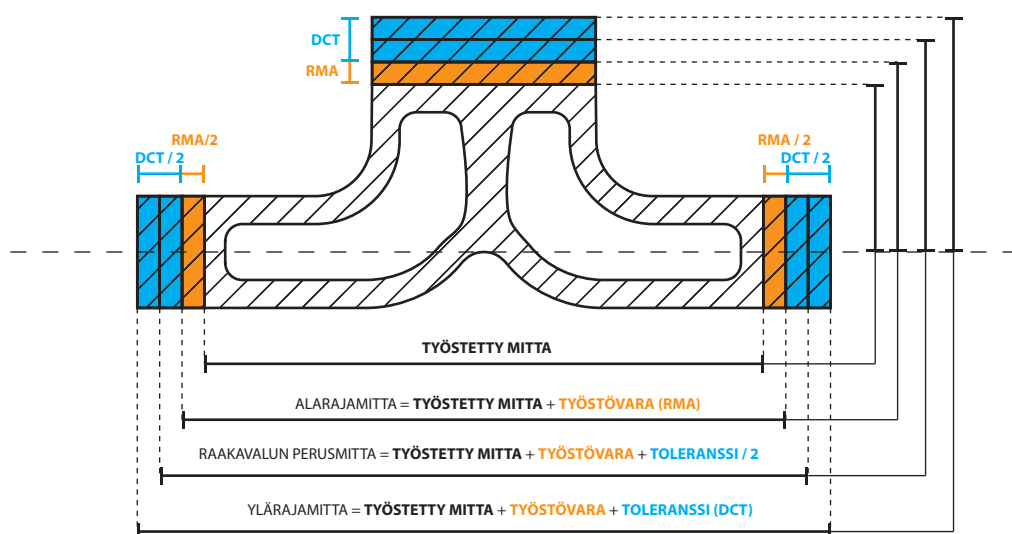
Valutuotteilla on suuri muotoilun vapaus. Tuote, jolla on samat ominaisuudet, voidaan saada monilla eri muodoilla aikaiseksi. Tarvittavia muotoja varten on hyvä miettiä missä järjestyksessä aikoo muodot mallintaa.



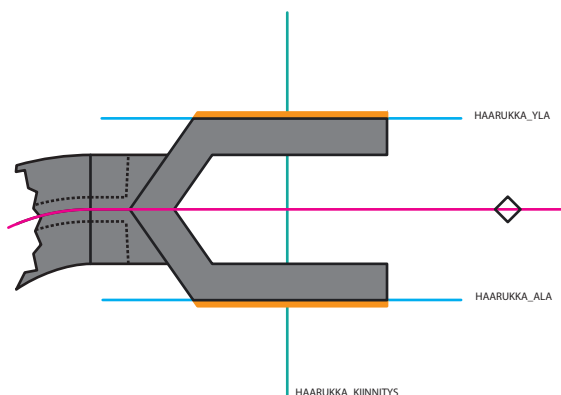
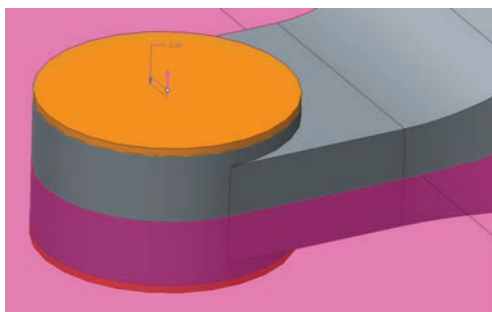
Toleranssit ja työvarat

”Valukappaleet poikkeavat aina suunnitelluista mitoista ja muodoista. Mitta- ja muotopoikkeamat johtuvat valumateriaalin kiteytymis- ja kutistumisominaisuuksista, sekä muotin aiheuttamista mitta- ja muotopoikkeamista. Toleranssit on syytä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Toleranssit lisäävät aina mittoja, joten on huolehdittava, että tarvittaviin mittoihin päästään toleranssin ala- ja ylämitoilla”

Valumenetelmä määrittää valukappaleelle määritellyt toleranssit.



Toleranssit ja työvarat kannattaa mallintaa omina piirteinään (jos mahdollista), joten näitä voi tarvittaessa muuttaa helposti jälkikäteen. Työstettävä pinta on hyvä erottaa pienellä korokkeella. Näin työstetyn pinnan raja on selvä suhteessa työstämättöömään.



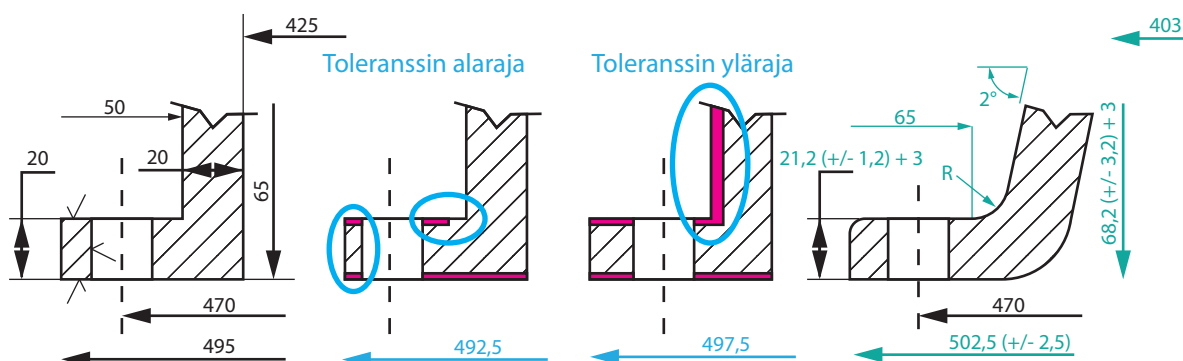
Standardi **SFS-EN ISO 8062-3** Geometrinen tuotemäärittely (GPS) määrittää muotilla valmistettujen kappaleiden mittatoleranssit ja geometriset toleranssit. (Valukappaleiden mittojen yleistoleranssit, geometriset yleistoleranssit ja työstövarat.

Toleranssien mitoittaminen

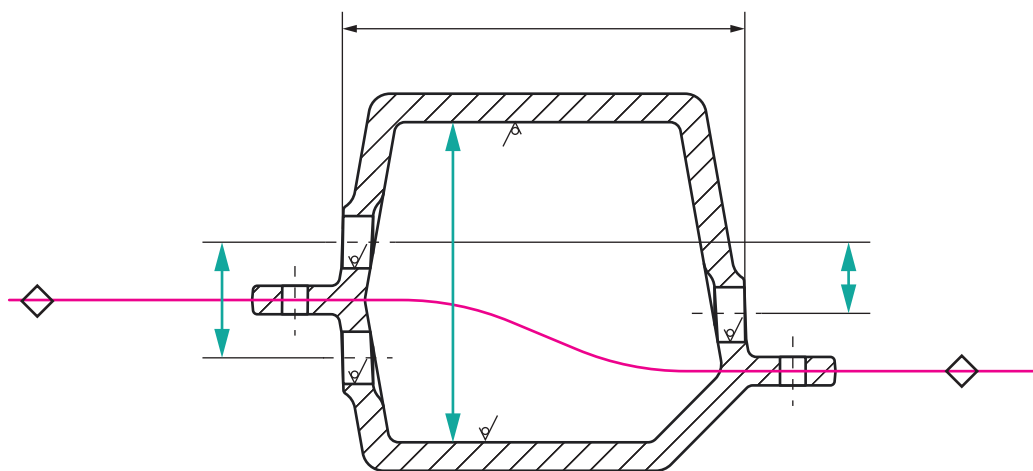
”Toleranssit (ja työstövarat) on syytä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa, koska ne vaikuttavat kappaleen määrääviin mittoihin. Kappale on suunniteltava siten, että mittamuutokset toleranssien rajoissa ei vaikuta kappaleen ominaisuuksiin. Suositeltava on valita väljä yleistoleranssi kappaleelle ja vain niille mitoille, joilta vaaditaan suurempaa tarkkuutta, merkitään eromitat näkyviin.”

Jos toleransseja ja työvaroja ei oteta huomioon suunnittelussa, riskinä on, että koneistuksen jälkeen toleranssien ylärajalla kappaletta koneistetaan liikaa ja toleranssien alarajalla kappaletta koneistetaan liian vähän. Tällöin riskinä on, että suurin osa tuotteista susitetaan. Toleranssien mitoittamisessa on syytä myös huomioida hellitysten ja pyöristysten vaikutus.

Yleistoleranssi ISO 8062-3 - DCTG 10 - RMA 3 (RMAG F)

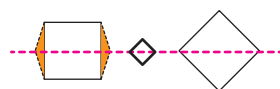


Mittatarkkuus jakotason ylitse on on huonompi kuin samassa muotin puoliskossa olevat kappaleen mitat. Keernat heikentävät aina myös mittatarkkuutta, koska niissä on välykset.



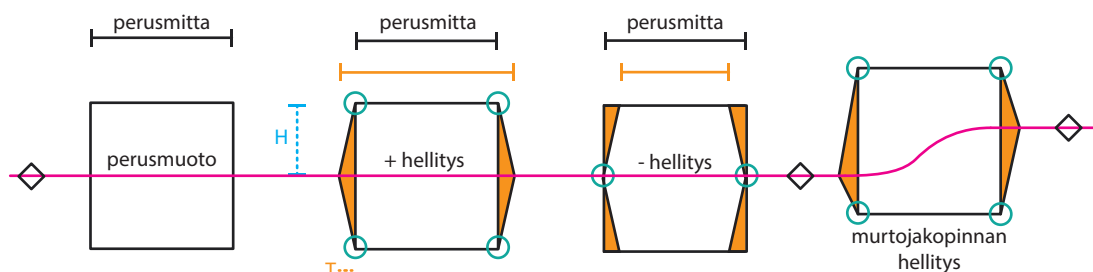
↑ Määräävät mitat, jotka muodostuvat jakotason ylitse tai keernoista ovat vähemmän mittatarkkoja kuin mitat, jotka ovat samassa muotinpuolikkaassa.

Hellitykset / päästöt



"Hellitykset tai päästöt ovat jakotasoon nähden pystysuorien seinämien viistoamista, jotta saadaan mallityökalu irtoamaan muotista tai kappale irtoamaan muottityökalusta. Ilman hellityksiä ei valutuotteita voida käytännössä valmistaa. Tuotteessa hellityksiä voidaan välttää keernojen avulla, mutta on muistettava se, että usein myös keernoissa on oltava vastaavasti hellitykset."

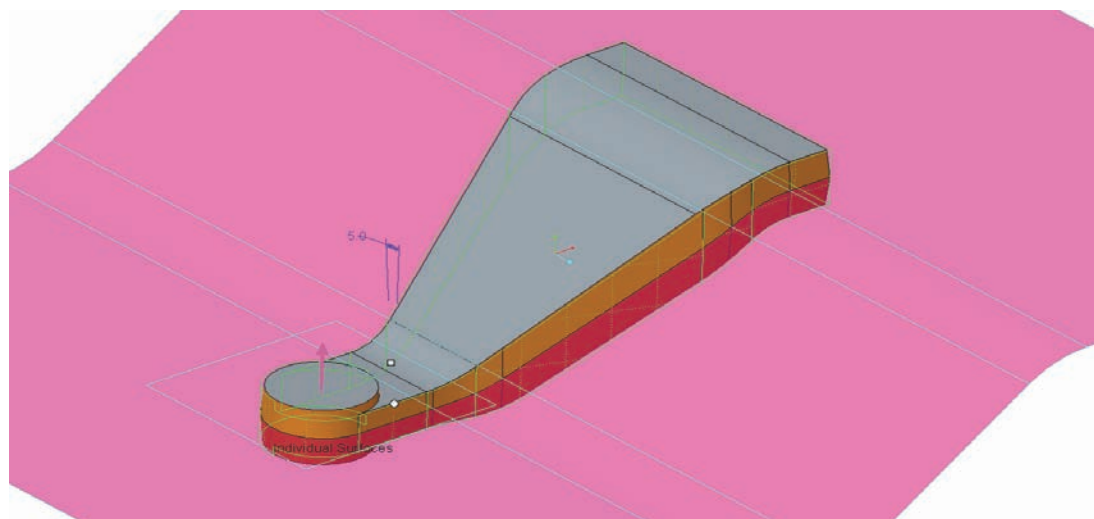
Hellitystyyppit



Hellitys on käytännössä aina materiaali lisäävä piirre, jolloin perusmitta säilyy. - Hellitys vähentää aina perusmittaa, jolloin kappale ei välttämättä täytä enää mittavaatimuksia. Hellityksen saranakulma (○) määrittää hellitystyyppin. Alla olevassa taulukossa on ohjeelliset suuruudet hellitykselle hiekkavalumenetelmälle*.

Muodon korkeus (H)	$H \leq 30\text{mm}$	$30\text{mm} < H \leq 80\text{mm}$	$80\text{mm} < H \leq 180\text{mm}$	$180\text{mm} < H \leq 250\text{mm}$
Hellitys (T)	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm
Hellitys (○)	4°	3°	2°	1°

Hellitykset kannattaa mallintaa omana piirteenä (esim. draft-työkalulla), jolloin hellityksen suuruutta voidaan vaihtaa tarvittaessa helposti. Hellitykset tehdään aina jakotasoon nähden.

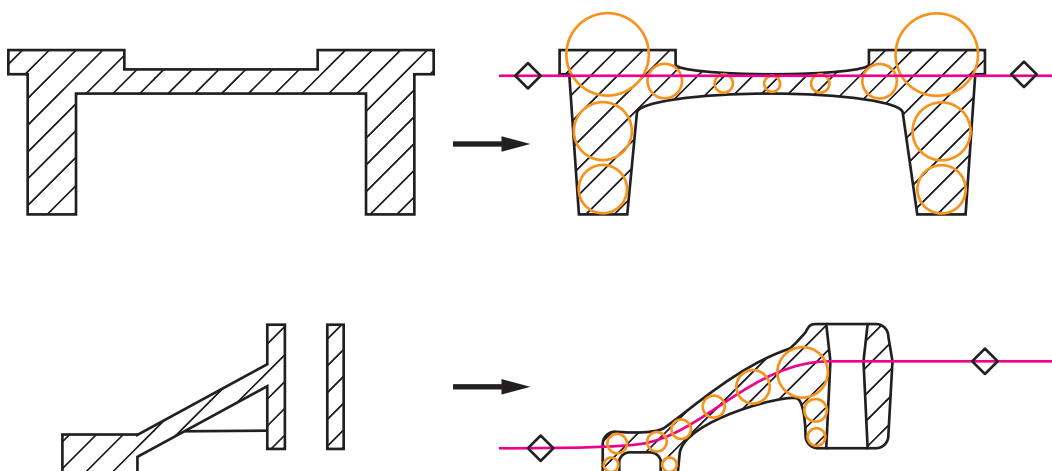


* Jokaisella valimolla on omat ohjearvonsa hellityksen suuruudelle. Standardista SF5 EN 12890 löytyy lisätietoja hellitysten suuruudesta. Tarkkuusvalut eivät käytännössä tarvitse hellitystä ja kestromuottituotteille on omat arvonsa.

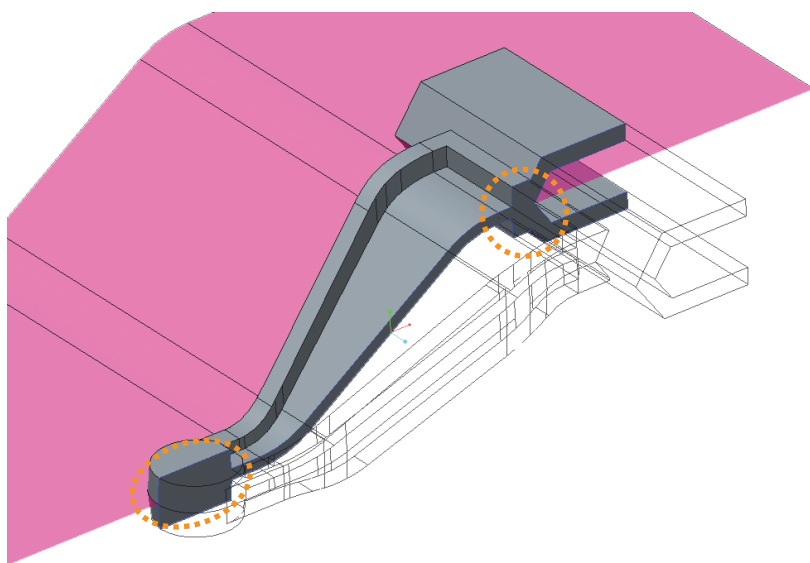
Suunnattu jähmettyminen

“Valutuote olisi syytä muotoilla niin, että jähmettyminen alkaa tuotteen ohuimmista osista ja jatkuu tasaisena kohti tuotteen paksuimpia osia. Valutuotteissa tulisi välttää tarpeettoman paksuja kohtia ja seinämapaksuuden tulisi olla mahdollisimman tasainen, jotta välttyttäisiin tarpeettomilta huukoisilta. Tavoitteena olisi suunnitella kappale niin, että siellä on vain yksi massakeskittymä eli syöttöalue.”

Muotoja voi hahmottaa käyttämällä eri kokoisia ympyröitä, jotka kasvavat kohti tuotteen paksuinta kohtaa.

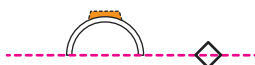


Tuotteen paksuja kohtia voi keventää luujuuteen kärsimättä käyttämällä esim. palkkirakennetta, jotta saadaan seinämänpaksuuden vaihtelut minimoitua.



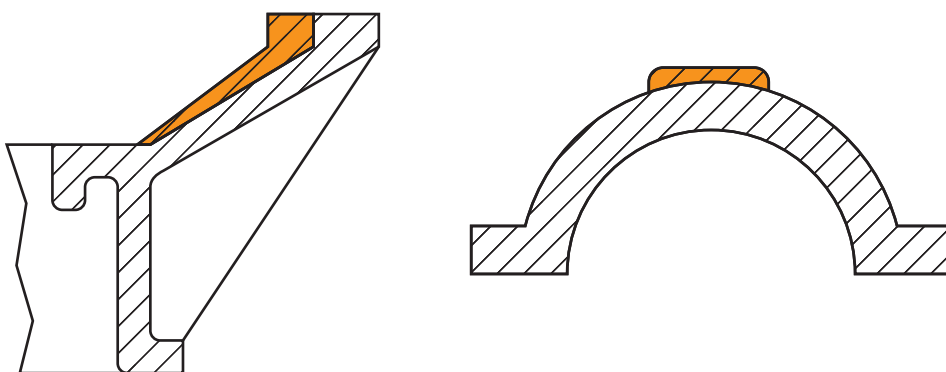
Tuotteeseen jääneet paksummat kohdat muodostavat tuotteeseen syöttöalueita, joissa imuhuokoisuuden riski kasvaa. Olisi pyrittävä siihen, että tuotteessa olisi mahdollisimman vähän eri syöttöalueita, jotta tuotteen valmistaminen olisi kustannustehokkaampaa.

Syöttötäytteet

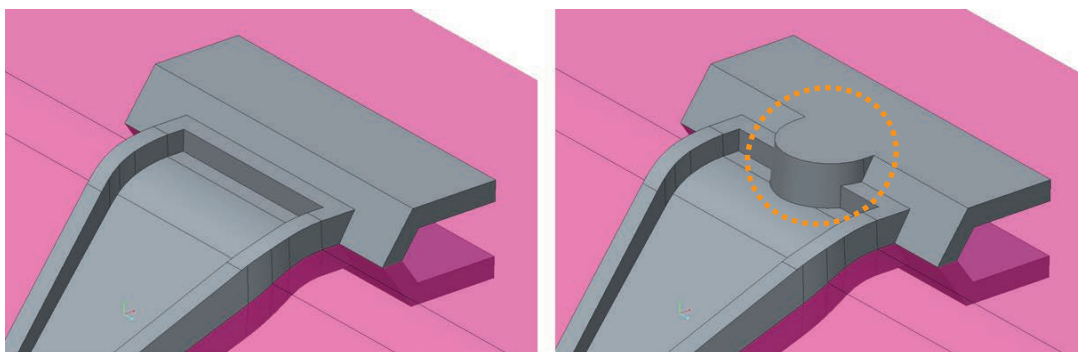


”Valutuotteeseen voi suunnitella syöttötäytteitä, joiden avulla voidaan parantaa tuotteen suunnattua jäähmettymistä, jos se ei onnistu luonnollisesti. Syöttötäytteiden avulla ohjataan valutuotteen jäähmettymistä niin, että se voidaan valmistaa mahdollisimman tiiviiksi. Syöttötäytteet voidaan koneistaa pois jälkikäteen, mutta ne voivat olla myös osa tuotetta.”

Syöttötäytteiden avulla voidaan esim. suunnata jäähmettymistä tai pyöreille pinnoille tehdä tasaisia alueita, jolloin saadaan syöttökuvulle paikka.

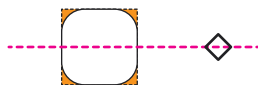


Syöttötäytteiden avulla voidaan esim. yhdistää useampi massakeskittymä yhdeksi tai helpottaa syöttökuvun sijoittamista niin, että saadaan se vaikuttamaan syöttöalueeseen.



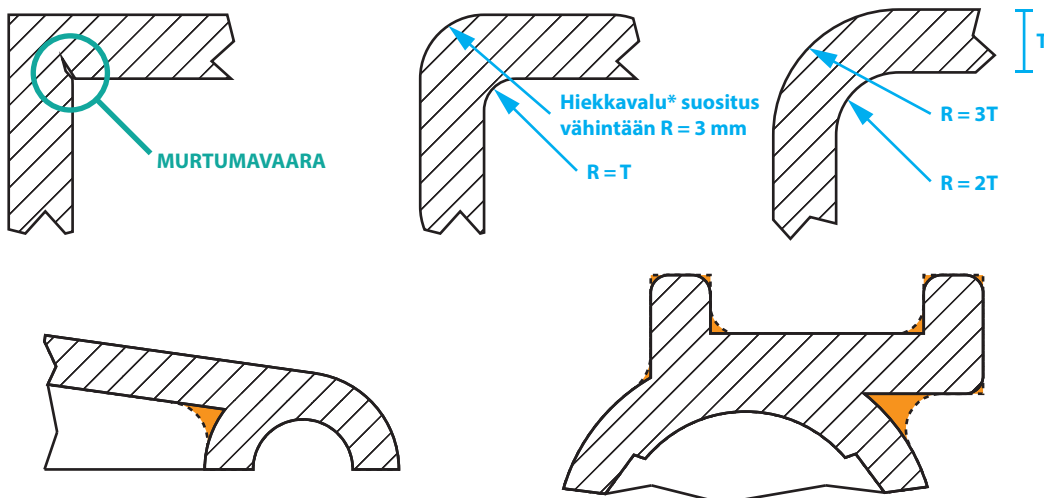
Suunnittelijan ei välttämättä tarvitse suunnitella syöttötäytteitä suoraan tuotteeseen, koska valimon tehtävä on saada tuote valmistettua. On kuitenkin hyvä tiedostaa mihin syöttötäytteitä käytetään, koska suurella todennäköisyydellä valimo saattaa näiden käyttämistä ehdottaa. Niiden tarkoitus on helpottaa tuotteen valmistamista, jotta saadaan kustannustehokkaampi tuote.

Pyöristykset

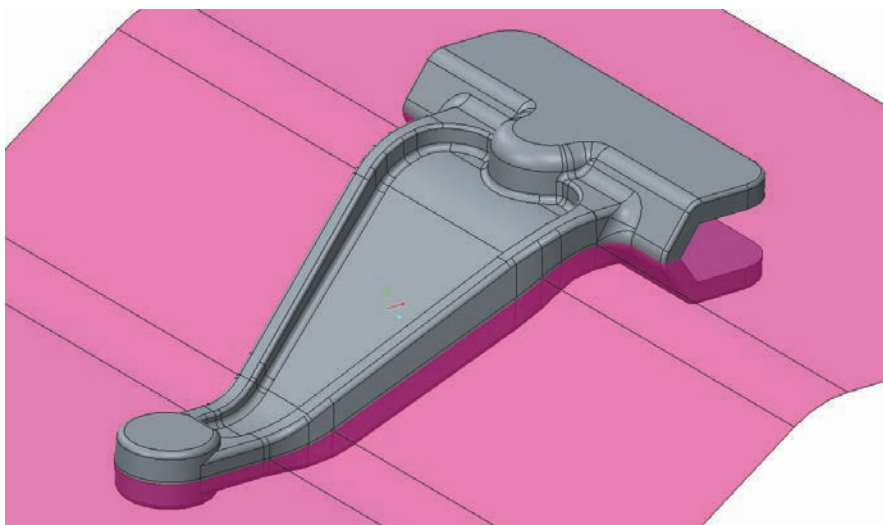


“Valukappaleissa kannattaa käyttää pyöristysiä, jotta saadaan aikaiseksi kaunis ja jouheva muoto ja se jähmettyisi mahdollisimman tasaisesti. Terävät kulmat tulisi pyöristää, jotta ehkäistään näihin syntyvien suurten rasitusten aiheuttamia jännityshuippuja. Ne voivat johtaa halkeamiin, murtumiin ja materiaaliominaisuuksien vaihteluihin”

Terävään sisäkulmaan voi muodostua halkeamavaara, jos sitä ei pyöristetä.



Pyöristykset on syytä tehdä vasta viimeisinä piirteinä, koska ne saattavat aiheuttaa ongelmia 3D-tiedostoon. Kannattaa mahdollisuuksien mukaan käyttää mahdollisimman samankokoisia pyöristyssäteitä.



* Tarkkuus- ja kestopuuttovalutissa tuotteissa voi käyttää tiukempia pyöristysiä kuin hiekkavaluissa. Pyöristysten suuruus ei tulisi olla pienempi kuin puolet seinämävahvuudesta. Kannattaa keskustella valimon kanssa oikean kokoisista pyöristyksistä.

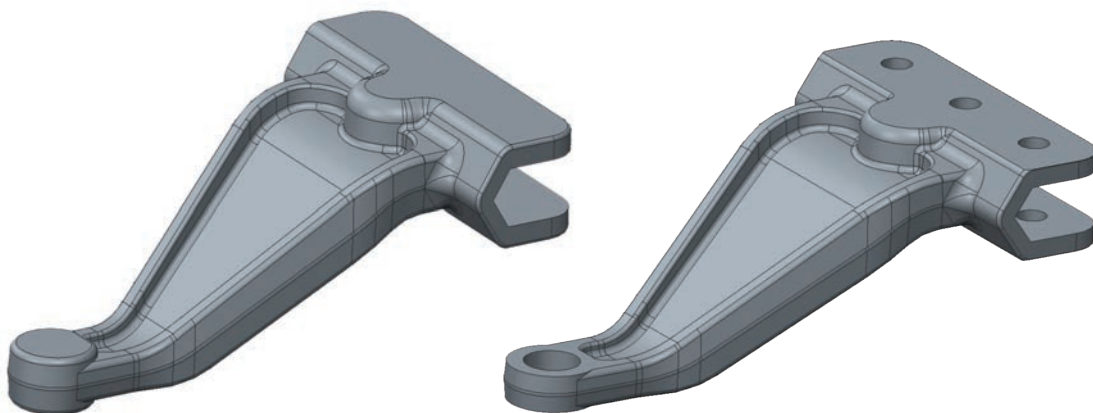
Valettu vs. Koneistettu

“Valamalla valmistetuissa tuotteissa, suunnittelija suunnittelee käytännössä kahta tuotetta. Lopputuote on aina koneistettu tuote ja sen pitää täyttää kaikki tuotteelle asetet vaatimukset. Lopputuote saadaan koneistamalla se valetusta aihioista, jossa on huomioitava valmistustekniset vaatimukset.”

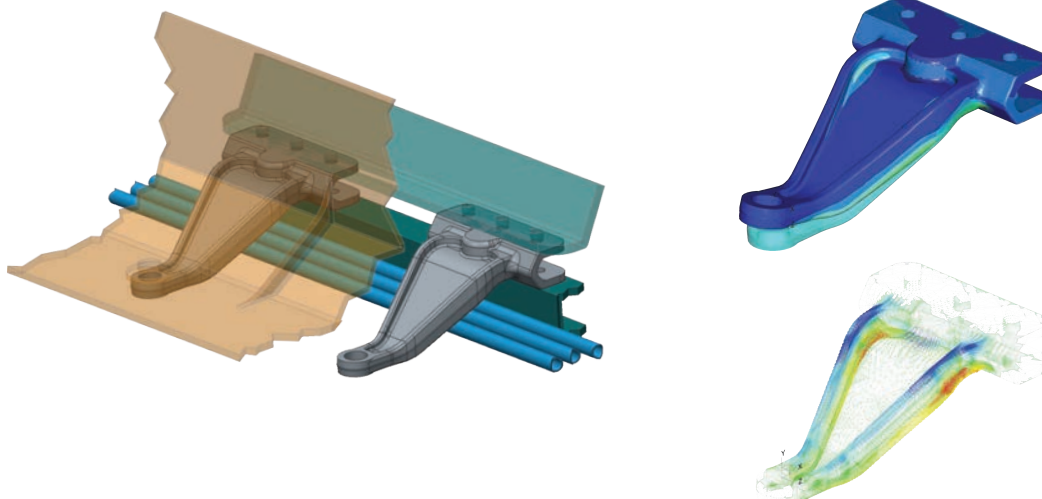
Valimosta valmistuu valuaihio, joka menee jälkikäsittelyyn. Ennen jälkikäsittelyä valuaihiosta poistetaan valujärjestelmän osat, lisäksi se puhdistetaan ja tarvittaessa hiotaan. Lopullinen tuote saadaan vasta jälkikäsittelyn mm. koneistuksen jälkeen.

VALUAIHIO

LOPPUTUOTE



Lopullista tuotetta voi käyttää esim. kokoonpanoissa tai jos kappaleeseen kohdistuu erityisiä rasituksia, niin sille voidaan tehdä erillaisia rasitusten simulointeja. Näin löydetään kriittiset alueet, joille voidaan asettaa tiukemmat laatukriteerit.



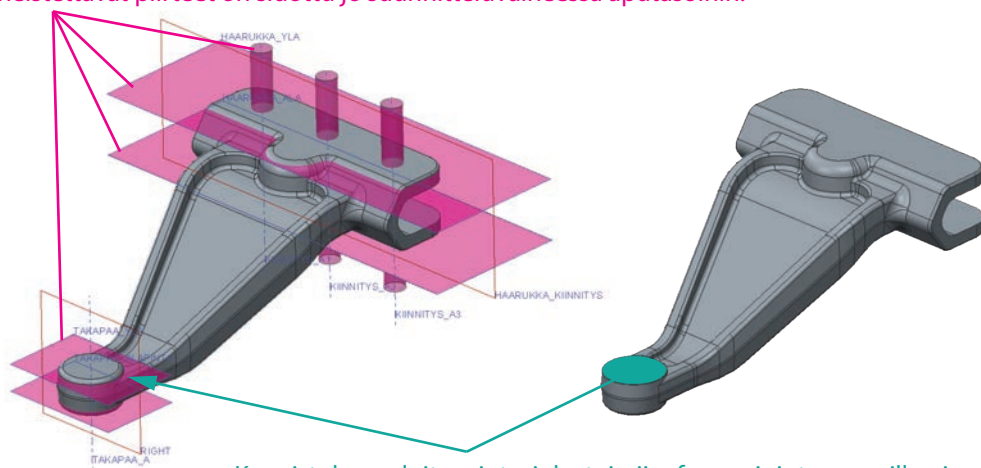
Koneistettu tuote saadaan valuaihiosta helposti leikkaamalla aputasojen mukaisten pintojen mukaan tarvittavat pinnat ja reiät auki. Näin tätä mallia pystyy testaamaan ja esimerkiksi käyttämään kokoonpanon osana, jolloin voidaan varmistua tuotteen sopivuudesta lopputuotteeseen. Valimoon kannattaa lähettää sekä valuaihion, että koneistetun tuotteen malli.

Valukappaleen koneistus

”Suunnittelijan on syytä jo suunnitteluvaiheessa huomioida, että jokainen valuihio koneistetaan. Koneistuksen kannalta tärkeää on, että kappale voidaan kiinnittää jostain mielellään tasomaisesta pinnasta työstökoneeseen ja siinä on riittävät työstövarat. Kustannustehokkaassa kappaleessa koneistettavat pinnat ovat mahdollisimman pienet ja ne voidaan koneistaa yhdellä kiinnityksellä.”

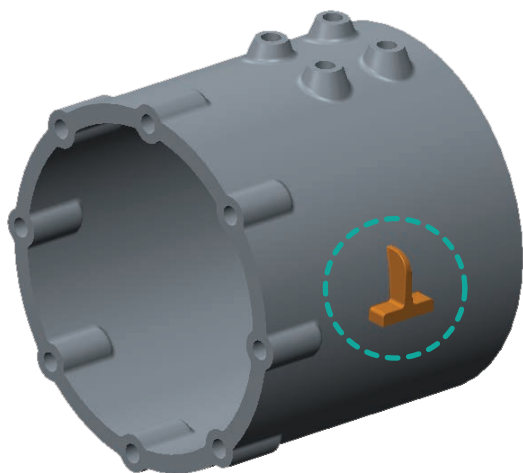
Koneistettavia pintoja on syytä käyttää suunnitteluvaiheessa mitoituksen lähtötasoina, joiden perusteella kappaleeseen suunniteltavat muodot syntyvät. Valukappaleissa koneistetaan aluksi yksi pinta, joka toimii referenssipintana kappaleen muille koneistettaville piirteille.

Koneistettavat piirteet on sidottu jo suunnitteluvaiheessa aputasoihin.

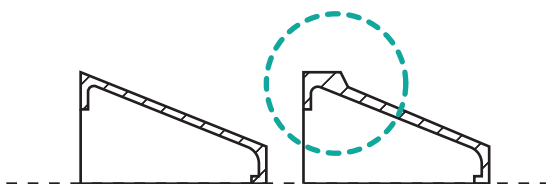


Koneistuksen aloituspinta, joka toimii referenssipintana muille pinnoille.

Valukappaleen suunnittelussa koneistuksen kannalta tärkein asia on, että se saadaan kiinnitettyä työstökoneeseen. Kiinnittämistä varten kappaleeseen voidaan suunnitella erilaisia ulokkeita, joista se voidaan kiinnittää. Kiinnikkeet voivat olla osa tuotetta tai ne voidaan koneistaa jälkikäteen pois. Oikeaoppisten ulokkeiden suunnittelemiseksi kannattaa olla yhtedessä valimoon.



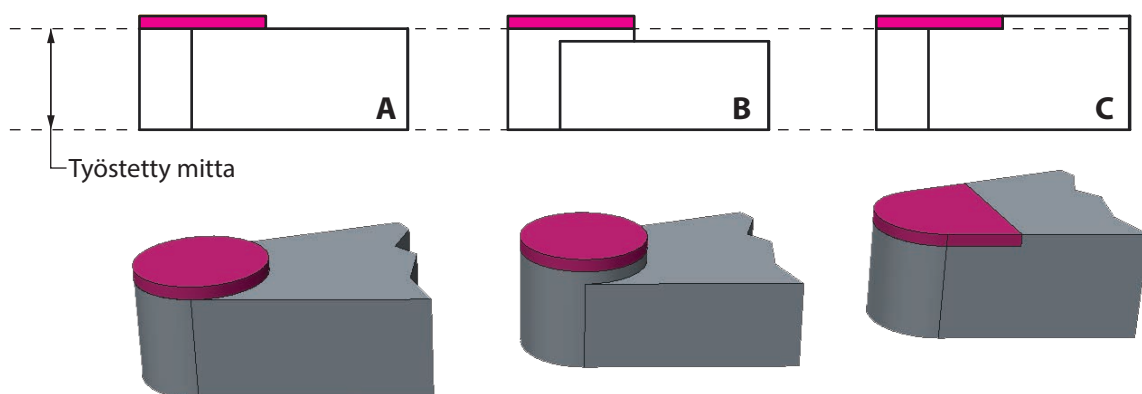
Kiinnityspintojen tulisi olla suoria, koska näin kappale saadaan tukevasti kiinnitettyä.



Työvarojen sijoittaminen

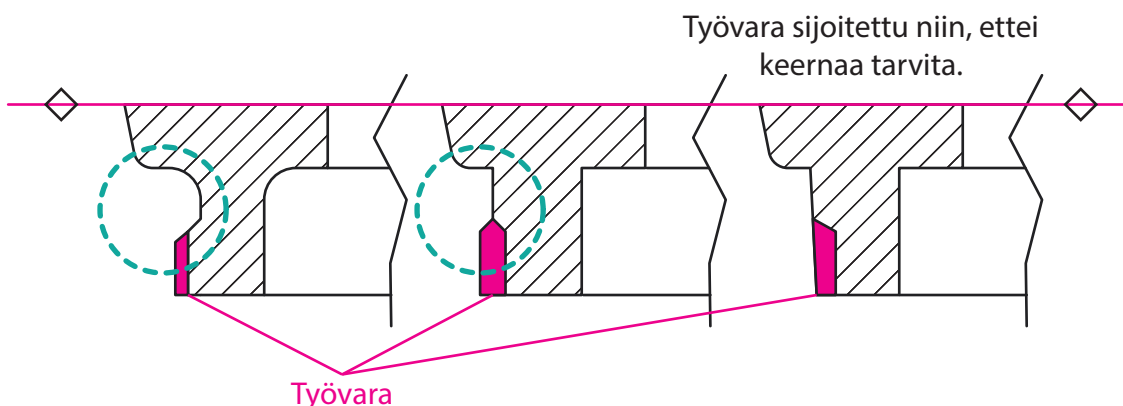
”Suunnittelijan on huomioitava, että koneistettavilla pinnoilla on riittävä työvara, koska työstössä on päästävä valupinnan ja pinnan läheisyydessä olevien valuvirheidä alle. Työvaran suuruus riippuu pinnan sijainnista muotissa, kappaleen yläpintoihin kertyy enemmän sulkeumia, joten suuret työstettävät pinnat olisi muotissa alaspäin.”

Työvara voidaan sijoittaa kappaleeseen monella eri tavalla. Vaihtoehto A on huono tapa, koska työstämättömän ja työstetyn pinnan välinen raja on epäselvä. Työstettävän pinnan ja valupinnan välillä olisi oltava selkeä rajapinta, joka erottaa ne toisistaan (B ja C). Vaihtoehdossa C valumalli ja muotinvalmistus yksinkertaistuu.

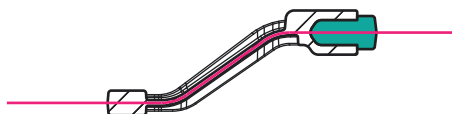


Koneistusta voi myös helpottaa tekemällä työstettävät pinnat mahdollisimman pieniksi, jolloin työstöaika vähenee ja mahdollisesti esiintulevien valuvirheidä määrä on vähäinen. On kuitenkin varottava, että työvarojen sijoitus ei muodosta vastahellityksiä, jotka hankaloittavat tuotteen valmistamista.

Työvaran lisääminen muodostaa vastahellityksen, jolloin se joudutaan mahdollisesti tekemään keernan avulla ellei sitä sijoiteta eri tavalla.

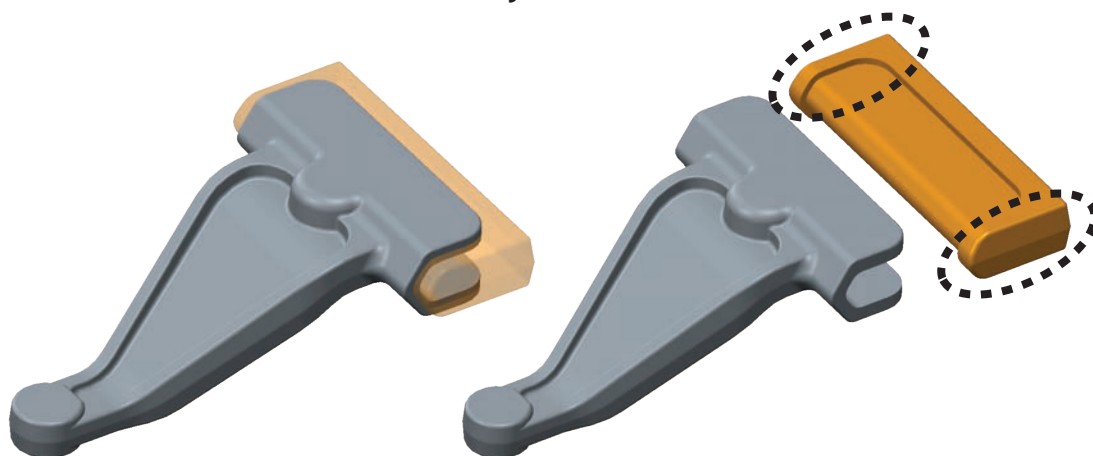


Keernat

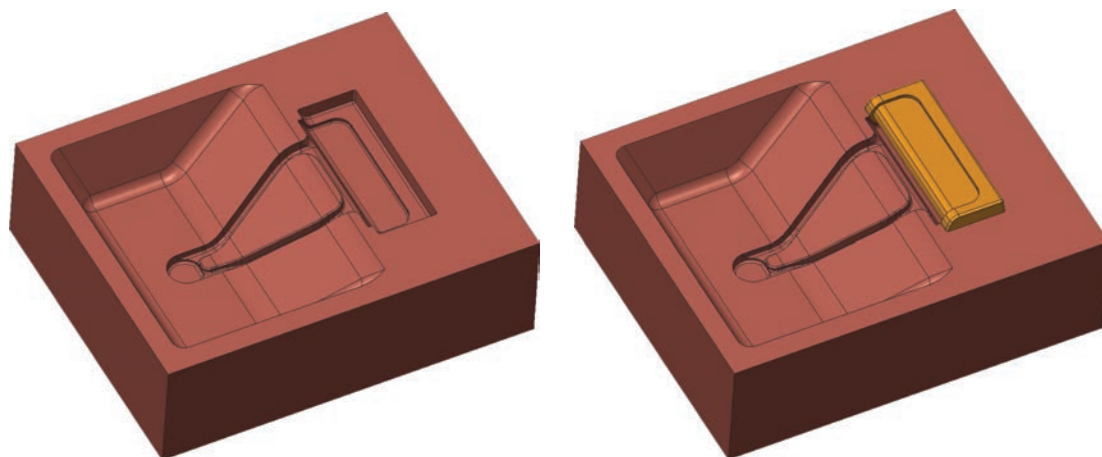


”Keernat ovat muotin osia, joilla saadaan aikaseksi hankalat sisä- ja ulkopuoliset muodot. Tavallisesti keernat lisäävät kustannuksia, mutta jos tuote vaatii monimutkaisia mallivarusteita, voi olla kustannustehokkaampaa käyttää keernoja. Jos keernoja joudutaan käyttämään, niin suunnittelijan on huomioitava, että ne ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, helppoja valmistaa, käsitellä ja asettaa muottiin.”

Valukappaleen vastahellitykselliset muodot, valmistetaan keernojen avulla. Keernoissa on oltava keernakannat, joista se tukeutuu muottiin.



Mallivarusteiden avulla saadaan muottiin sellainen muoto johon keerna asettuu. Suunnittelijan on syytä huomioida, että keernat vaikuttavat myös mittatarkkuuteen. Niissä niissä on oltava pieni välys, jotta ne asettuvat muottiin varatulle paikalle. Keernan tulisi tukeutua tukevasti molempien muotinpuolikkaiden väliin. On syytä huomioida, että keernojen ja muotin välinen rajapinta vaikuttaa pinnan ominaisuuksiin.



Simulointi

“Valunsimuloinnissa valutapahtumasta luodaan matemaattinen malli, jonka avulla voidaan tarkastella mitä valutapahtumassa tapahtuu. Yleisesti simulointi on työkalu, jota käytetään valimoissa, mutta sitä voidaan hyödyntää jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Sillä voidaan esimerkiksi tarkastella miten suunnattu jähmettyminen toteutuu sekä mihin kappaleeseen muodostuu syöttöalueita.”

Simuloinnin avulla voidaan varmistaa, että syöttötäytteen suunnittelemisen kappaleeseen muuttaa kaksi syöttöaluetta yhdeksi syöttöalueeksi.



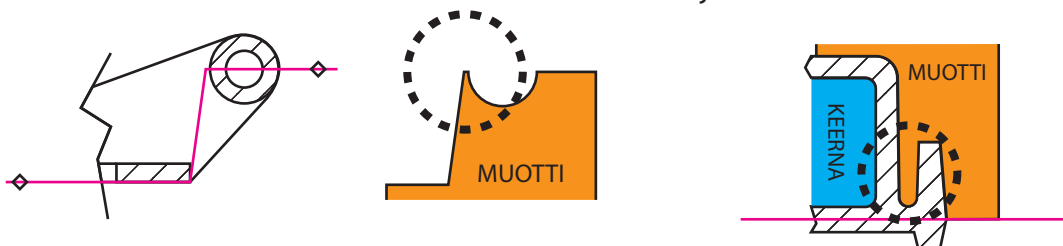
Simuloinnin avulla voidaan tarkastella miten valukappale jähmettyy sulasta kiinteäksi ja miten hyvin suunnatun jähmettymisen periaate toteutuu.



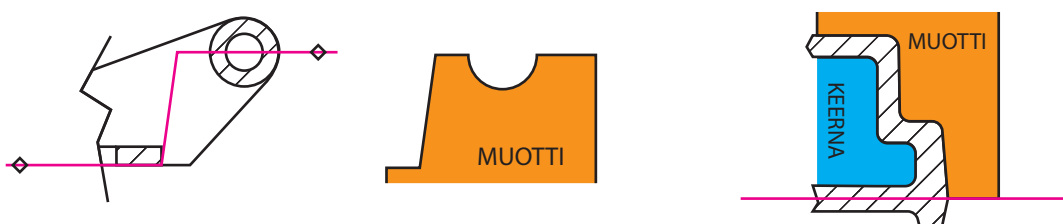
Suunnitteluhuomioita 1

Muottien ja keernojen valmistettavuuden kannalta kappaleen muotoilussa olisi vältettävä teräviä kulmia ja ohuita muotoja. Hiekka voi olla vaikea sulloa tiiviiksi ja ne ovat riskialttiita murtumiselle, lisäksi tällaiset ohuet seinämät ylikuumentuvat valun aikana ja voivat siten aiheuttaa valuvirheitä.

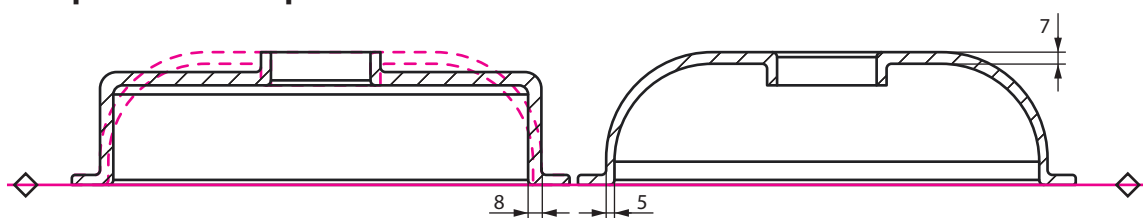
On vältettävä ohuita muotoja muotissa.



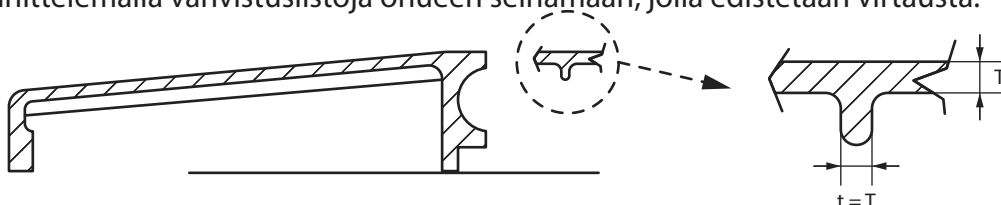
Muodon tulisi vastata lujuudeltaan muita osia



Jouhevat muodot auttavat valumetallin virtausta. Jos metalli joutuu virtaamaan pitkiä matkoja, on syytä lisätä kappaleen seinämänvahvuutta, jotta metalli ei jähmettyisi ennen kuin se pääsee perille. Jouhevien muotojen ja suunnatun jähmettymisen johdosta voidaan mahdollisesti seinämänvahvuutta pienentää alkuperäisestä.

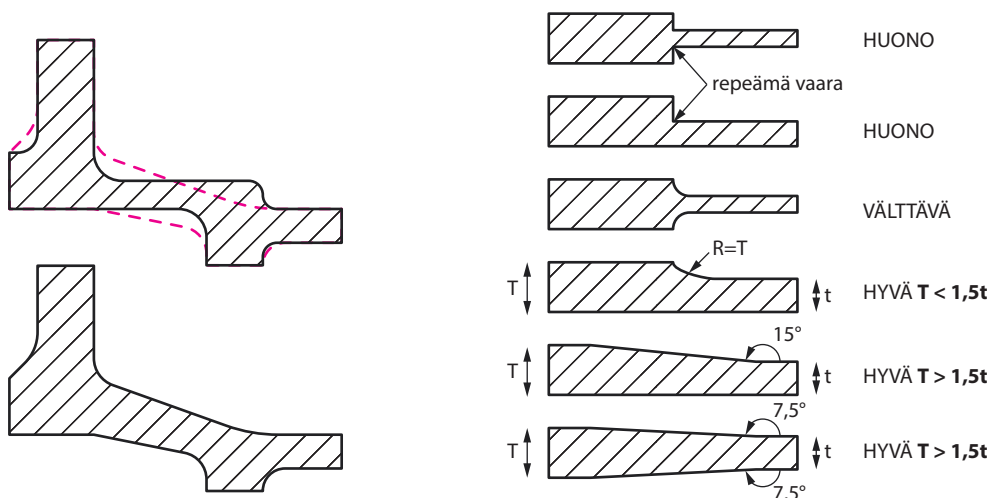


Pitkissä ja tasapaksuissa seinämissä voidaan välttää seinämävahvuuden lisäämistä suunnittelemalla vahvistuslistoja ohueen seinämään, jolla edistetään virtausta.

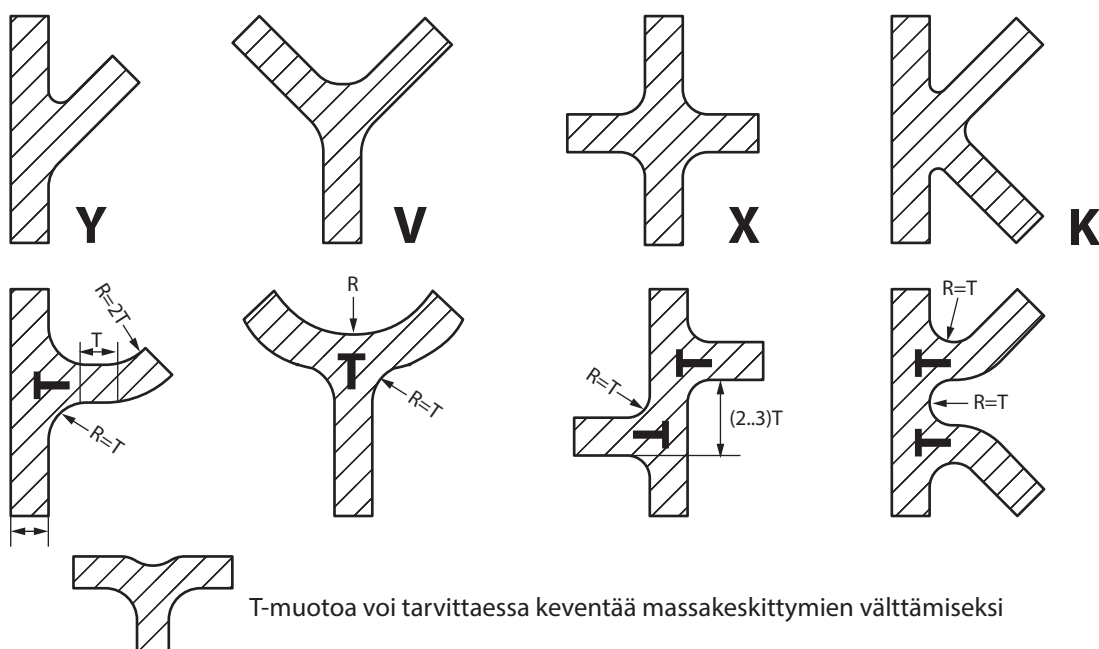


Suunnitteluhuomioita 2

Seinämänpaksuuden vaihtelut saattavat aiheuttaa valukappaleeseen heikkoja kohtia. Seinämänpaksuuden vaihteluita voi estää sopivilla pyöristyksillä, mutta olisi syytä huomioida, että seinämänpaksuuden vaihtuminen olisi mahdollisimman jouhevaa.

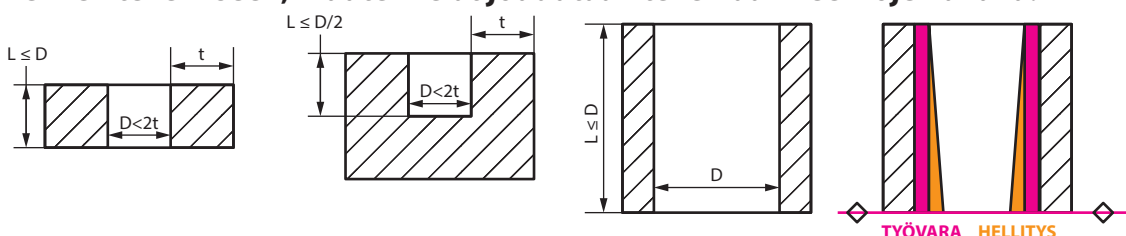


Valukappaleessa oleviin risteyskohtiin muodostuu herkästi pieniä massakeskittymiä, joita voidaan pienentää sopivilla rakennemuutoksilla. Y-, V-, X-, ja K-seinämäristeykset kannattaa korvata valamisen ja metallin jähtymisen kannalta edullisemmaksi T-risteykseksi.

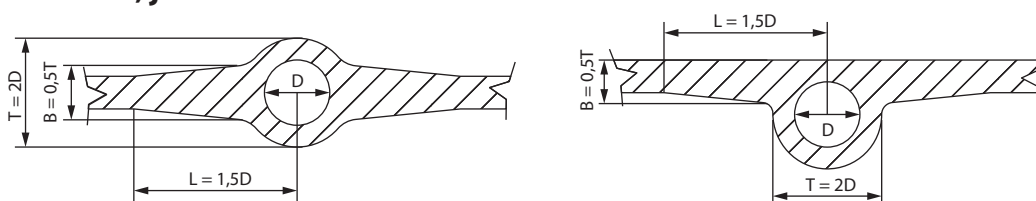


Suunnitteluhuomioita 3

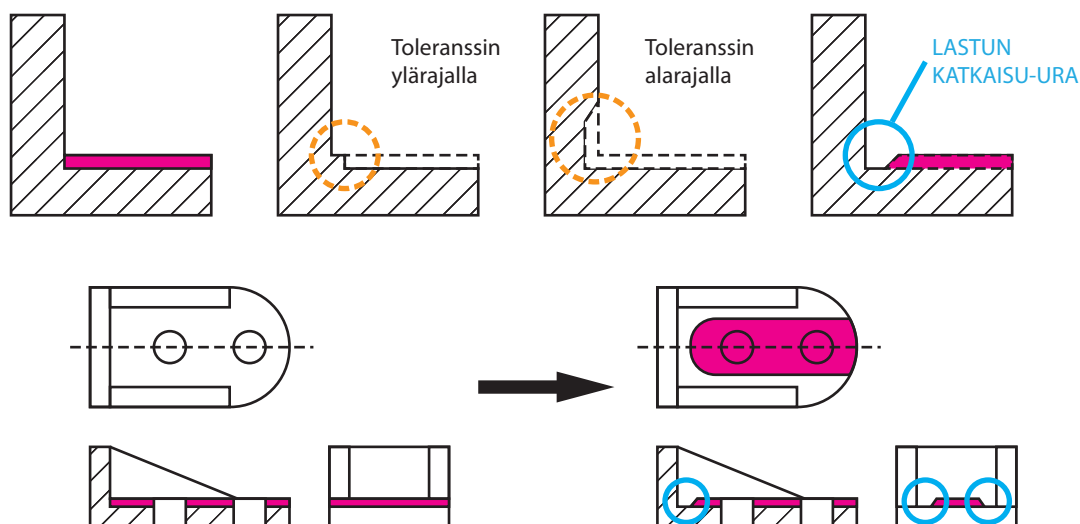
Valukappaleessa olevat reiät voidaan tehdä valamalla, muuta kaavaustekniset asiat voivat kuitenkin rajoittaa reiän kokoa. Jos reikää joudutaan koneistamaan, niin siinä on syytä ottaa huomioon myös työvara ja hellitys, jotka pienentävät reiän valettavaa halkaisijaa. Mitoitus-esimerkit muotilla tehtävien reikiä tekemiseen, muuten reiät joudutaan tekemään keernojen avulla.



Jos seinämän suuntainen reikä halutaan tehdä valamalla, on siinä on oltava paksunnos, jotta reiän tekeminen on mahdollista.

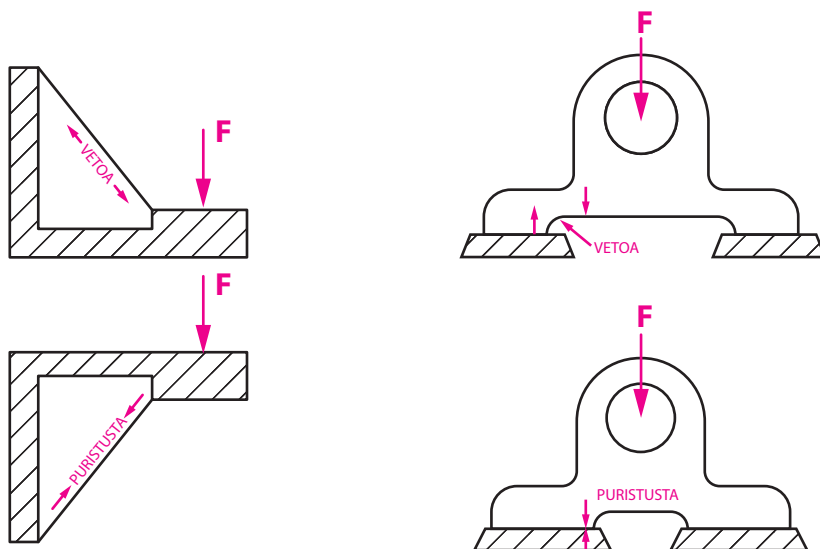


Jos koneistettava pinta päättyy valupintaiseen seinään, niin koneistusta voi olla vaikea suorittaa niin, että se päättyy juuri tähän pintaan. Toleranssin ylärajalla voi koneistuksen jälkeen jäädä pieni uloke ja vastaavasti alarajalla koneistuksen jälkeen voi seinämästä lähteä pieni siivu pois. Siistimmän koneistusjäljen saamiseksi voidaan työvara suunnitella niin, että siinä on lastun katkaisu-ura. Tämän johdosta lastu katkeaa siististi ennen valupintaista seinämää. On huolehdittava, että ura ei muodosta vastapäystä.

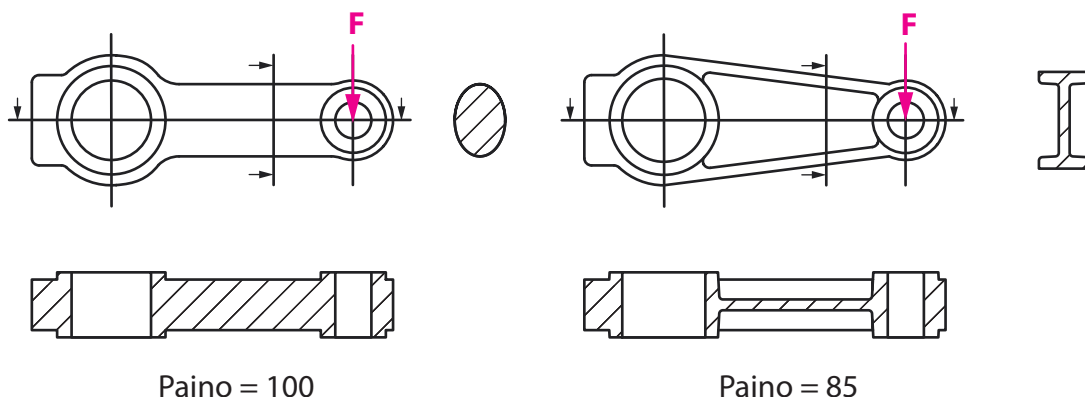


Suunnitteluhuomioita 4

Vaikka materiaalilla ei olisi vetolujuutta suurempi puristuslujuus, tulisi valukappaleet suunnitella siten, että niihin kohdistuu aina puristusta. Mahdolliset epähomogeenisuudet ovat riskialttiimpia vetorasituksen kuin puristusrasituksen vaikuttaessa.



Valukappaleen lujuuden kannalta muotoilulla voi olla suurempi merkitys kuin valitulla materiaalilla. Lujuutta voi lisätä erilaisilla rakenteellisilla ratkaisuilla ja jossain tapauksissa voidaan valita halvempi materiaali (pienempi lujuuksinen) ja silti saavuttaa samat ominaisuudet kuin kalliimalla suuremman lujuuden materiaalilla. Esimerkiksi vasemmanpuoleisessa rakenteessa pinta-alaan kohdistuva jännityshuippu on 3 kertaa suurempi kuin oikeanpuoleisessa rakenteessa.



Paino = 100

Paino = 85



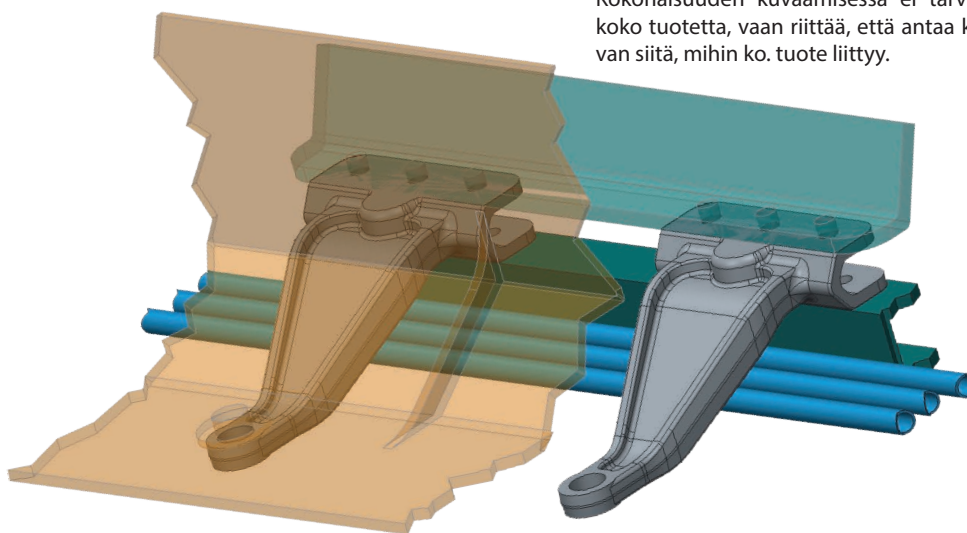
4 Laatu

Valutuotteiden laatu

“Valutuotteisiin tulee aina vikoja ja ne voidaan olettaa olevan osa kappaleen ominaisuuksia, joten ne on syytä suunnitella tuotteeseen. On helpompi lisätä ainevahvuutta kriittisille alueille, kuin lisätä laatua. Ylilaadun tekeminen on kallista, eikä se ole tilajaan edun mukaista. Laadunvarmistus voi olla järkyttävän kallista, jos tarkastustoiminnassa päädytään tyhmyyksiä hipovaan tarkkuuteen ja laatuun.”

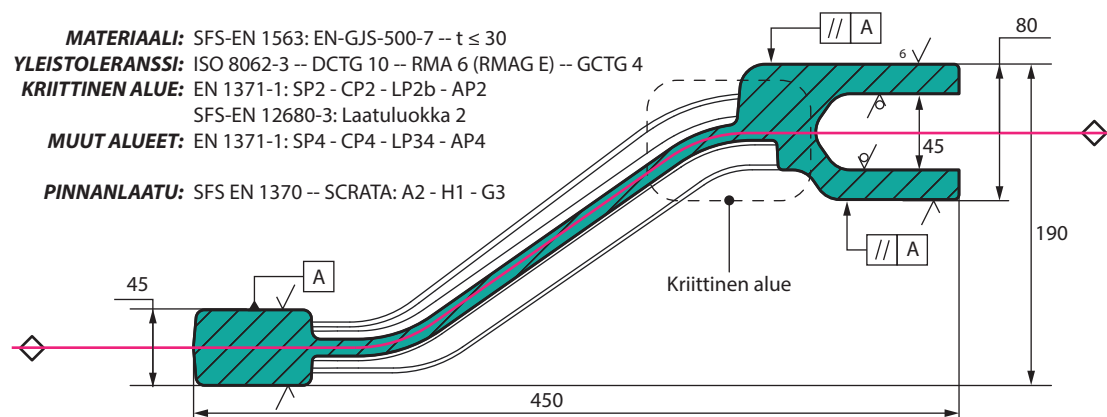
Koska valutuotteet ovat aina osa jotain kokonaisuutta, niin valmistajalle olisi hyvä antaa kokonaiskuva siitä, mihin kokonaisuuteen ja minkälaiseen toimintaympäristöön valutuote liittyy. Tämä auttaa valmistajaa ymmärtämään vaadittua laatua.

Kokonaisuuden kuvaamisessa ei tarvitse kuvata koko tuotetta, vaan riittää, että antaa kokonaiskuvan siitä, mihin ko. tuote liittyy.



Oleellista on, että 1. määritellään selkeästi mitä vaaditaan ja vaatimukset on sidottu selkeästi standardeissa oleviin laatuluokkiin. 2. Valvotaan laadun toteutumista. Laatuvaatimukset laaduntarkastuksen suhteen voi määrittää yksinkertaisesti piirustuksiin.

MATERIAALI: SFS-EN 1563: EN-GJS-500-7 -- $t \leq 30$
YLEISTOLERANSSI: ISO 8062-3 -- DCTG 10 -- RMA 6 (RMAG E) -- GCTG 4
KRIITTINEN ALUE: EN 1371-1: SP2 - CP2 - LP2b - AP2
SFS-EN 12680-3: Laatuluokka 2
MUUT ALUEET: EN 1371-1: SP4 - CP4 - LP34 - AP4
PINNANLAATU: SFS EN 1370 -- SCRATA: A2 - H1 - G3



Laadun osalta kaikki oleellinen pitää määrittää, kuten sisäisten ja ulkoisten virheiden maksimikoot, pinnanlaatu, mitta- ja muototarkkuus, sekä materiaaliominaisuudet. Kappaleen toiminnan, käytettävyyden tai kaupallisen houkuttelevuuden pilaavat valuvirheet tai piirteet kielletään. Tämän lisäksi tärkeää on myös määrittää toimintatavat, joilla laatua ylläpidetään (kuka tarkastaa, millä menetelmällä tarkastetaan, miten virheet korjataan ja miten niistä raportoidaan.)

Sitä saa, mitä tilaa SFS-EN1559-1

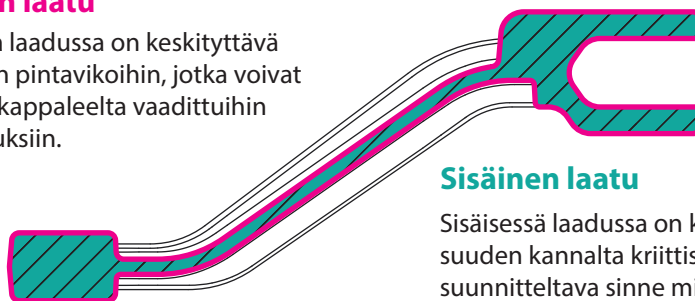
”Mitä tarkemmin määritetään mitä tilataan sitä varmemmin sitä saa. Standardin SFS-EN 1559-1 Valut. Tekniset toimitusehdot. mukaisesti ostaja määrittelee valukappaleiden vaatimukset aiotun käytön mukaan ja valmistaja valmistaa valukappaleet vaatimusten mukaisesti. On turha vaatia sellaista, mitä ei pysty valvomaan tai millä ei ole mitään merkitystä kappaleen toiminnallisuuden kannalta.”

Ostajan on esitettävä yksiselitteisesti ainakin seuraavat tiedot kyselyn ja tilauksen yhteydessä

- A Sarjakoko Aikataulu** Toimitettavien valukappaleiden lukumäärä, sallitut poikkeamat tästä lukumäärästä ja toimitusaikataulu. *(Tässä olisi syytä ilmoittaa myös **realistinen** arvio nykyisestä tarpeesta, sekä arvioitu vuositarve tulevaisuudessa)*
- B Materiaali**
 - 1) valumetallistandardin numero
 - 2) valumetallin tunnuksiin perustuva nimike tai numeerinen nimike
- C Dokumentit** Piirustukset, standardit ja tekniset spesifikaatiot; vaihdettaessa tietoja sähköisesti on varmistettava datan virheettömyys
- D Työkalut** Mallivarusteiden, keernalaatikoiden ja kestonmuottien toimitus
- E LAATU** Valukappaleen ulkoista ja sisäistä tilaa koskevat vaatimukset
- F Työstö** Työstöä koskevat vaatimukset, kuten sijainti ja kiinnityspisteet

Ulkoisen laatu

Ulkoisessa laadussa on keskityttävä olennaisiin pintavikoihin, jotka voivat vaikuttaa kappaleelta vaadittuihin ominaisuuksiin.



Sisäisen laatu

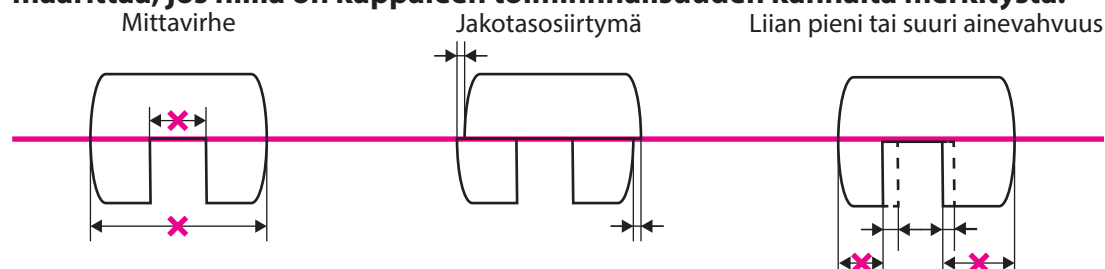
Sisäisessä laadussa on keskityttävä vain toiminnallisuuden kannalta kriittisiin alueisiin. Valuviat on suunniteltava sinne missä niillä ei ole merkitystä.

Sisäiset virheet aiheuttavat erittäin harvoin vaurioita, joten on varmistettava, että ulkoiset asiat on ensin kunnossa. Kappaleelle määrätty laatuvaatimukset ja toimenpiteet sen varmistamiseksi määräävät ison osan kappaleen kokonaiskustannuksista. Valukappaleen suunnittelun laadun tulee tällöin vastata siltä vaadittavia ominaisuuksia.

Valuviat

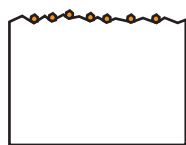
“Valuvika on laatuominaisuus ja se on valukappaleessa oleva rakenteellinen puute, joka voi aiheuta mm. suunnittelusta, työkaluista, muoteista, sulattamisesta, valamisesta tai näihin liittyvistä työvaiheista. Suunnittelijan on hyvä tiedostaa, että virheetöntä valukappaletta ei ole olemassa. Näin ollen on määritettävä mitkä viat ja missä laajuudessa ovat tuotteen toiminnan kannalta haitallisia.”

Mitta ja muotovirheitä voi muodostua eripuolille kappaletta. Ne on syytä määrittää, jos niillä on kappaleen toiminnallisuuden kannalta merkitystä.



Pinnalla tai juuri sen alla sijaitsevat virheet voivat vaikuttaa kappaleen työstettävyyteen ja kriittisillä alueilla myös mekaanisiin ominaisuuksiin.

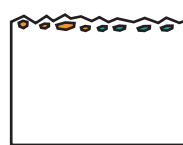
Kiinni pureutunut hiekka



Pintahuokoisuus



Hiekka tai kuonasulkeumat



Pintaviat, imuontelot, imuhuokoisuus voivat vaikuttaa merkittävästi kappaleen mekaanisiin ominaisuuksiin. Niiden sallittu määrä ja koko tulisi määrittää.

Halkeama



Imuontelo



Imuhuokoisuus



Kappaleessa esiintyvät pintavirheet voivat vaikuttaa myös kappaleen ulkonäköön, mutta ovat yleensä vähiten käytettävyyteen vaikuttava asia. Jos ulkonäöllä on merkittävää kaupallista merkitystä, niin silloin myös ulkonäköä koskevat visuaaliset vaatimukset on syytä määrittää.

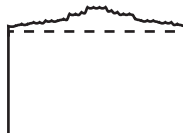
Karhea pinta



Imupainuma



Paisuma



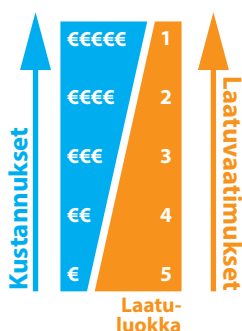
Laadunvarmistus

“Laadunvarmistuksen avulla valvotaan, että vaaditut laatukriteerit täyttyvät. Vaaditun laatutason mukaiset laadunvarmistuksen kriteerit on aina määritettävä, mutta tilauksen yhteydessä voidaan sopia erikseen kappaleiden tarkistamisesta. Tarkastaminen lisää aina kustannuksia, ja kannattaa muistaa, että tiukimmatkin laatuluokat sallivat aina jonkin kokoisen virheen.”

Tilaajan on vaadittava tilauksen yhteydessä mitä tarkistuksia laadunvarmistamiseksi tehdään. Alla on esitetty yleisimpiä tarkastusmenetelmiä, joilla valukappaleita voidaan tarkastaa.

- Mitta-tarkkuus** Mitat tarkastetaan kappaleen koosta, valumenetelmästä ja mittaukselle sovitusta tavoitteista riippuen esimerkiksi tulkilla, työntömitalla, koordinaattimittauskoneella, kamera-järjestelmällä.
- Materiaali** Valumateriaalin kemiallinen koostumus voidaan tarkastaa analysaattorin avulla, jolla pyritään todentamaan materiaalin standardinmukaisuus.
- Materiaalin mekaaniset ominaisuudet** Mekaaniset ominaisuudet tarkastetaan, jotta voidaan todentaa valumateriaalin olevan niiden suhteen standardin mukaisista ja oikealla tavalla valmistettua. Ne voidaan tarkastaa koesauvalle tehtävillä veto-, kovuus- tai iskusitkeykokeilla.
- Ulkoiset viat** Valukappaleen ulkoiset viat voidaan tarkistaa silmämääräisesti, magneettijauhe- tai tunkeumanestemenetelmällä.
- Sisäiset viat** Valukappaleiden sisäiset viat voidaan tarkastaa ultraäänen avulla, joissain tapauksissa myös radiografisesti.
- Painetiiveys** Painetiiveys voidaan tarkastaa erilaisilla menetelmillä ja siinä haetaan kappaleen läpi ulottuvia vikoja.

Tarkastettavaksi otettavien kappaleiden lukumäärä, tehtävät tarkastukset ja hyväksymiskriteerit on määritettävä standardien mukaisesti.



Mittatarkkuus		SFS-EN ISO 8062-3 (SFS-EN ISO 10135)
Mekaaniset ominaisuudet	Viruminen	SFS ISO 204:en
	Kovuus Brinell	SFS-EN ISO 6506-1
	Veto	SFS-EN ISO 6892-1
	Väsyminen	SFS ISO 1099:en
	Iskusitkeys	SFS-EN ISO 148-1
Ulkoiset viat	Silmämääräinen	SFS-EN 13018 ja SFS-EN 1370
	Magneettijauhe	SFS-EN 1369
	Tunkeumaneste	SFS-EN 1371
Sisäiset viat	Ultraääni	SFS-EN 583-1 ja SFS-EN 12680-1-2-3
	Radiografinen	SFS-EN 12681

"Metal casting has been an art long before it was a science.
In some areas the science has yet to catch up with the art."

- *Steve Chastain*

Lopuksi

Lähdemateriaali

- Asanti, P.** 1962. Valukappaleen suunnittelu I-II. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö
- Lyman, T. (toim.)** 1962. Casting Design Handbook: prepared from the contributions of 18 committees. Metals Park, Ohio: American Society for Metals
- Östberg, A.** 1967. Valukappaleiden rakennesuunnittelu. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus oy
- Villner, L. & co.** 1979. Gjutgods. Tillverkningsmetoder, material och konstruktionsanvisningar. Jönköping: Svenska gjuteriföreningen.
- Autere, E & co.** 1981. Valukappaleet. Rakennesuunnittelu, valumetallit ja valmistusmenetelmät. Suomen metalliteollisuuden keskusliitto. Tekninen tiedoitus 5/81.
- Hakala, J. , Silenius, M.** 1984. Raaka-ainekäsikirja: Valuteräksset, valuraudat. Jyväskylä: Valmet Oy
- Autere, E. , Ingman, Y , Tennilä, P.** 1987. Valimotekniikka I ja II. Helsinki: Insinööritieto Oy
- Söderberg, O. (toim.)** 1988. Valujen Taloudellinen käyttö. Suomen metalliteollisuuden keskusliitto. Tekninen tiedoitus 7/88.
- Bakerjian, R. (toim.)** 1992. Tool and manufacturing engineers handbook, 4th edition, volume VI Design for Manufacturability. Dearborn, Michigan.: Society of Manufacturing Engineers
- Keskinen, R.** 1995. Muotinvalmistustekniikka. Tampere: Hervannan ammattioppilaitos
- Stefanescu, D. M. & co.** 1996. Metals Handbook 9th edition. 15, Casting. Metals Park, Ohio: American Society for Metals (ASM International)
- Pohjalainen, K.** 1997. Valumallit. Tampere: Hervannan ammattioppilaitos
- Brown, J. R. (toim.)** 1999. Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook. Oxford: Butterworth-Heinemann Title.
- Kaufman, J. G. , Rooy, E. L.** 2005. Aluminum Alloy Castings. Properties, Processes, and Applications. Metals Park, Ohio: American Society for Metals (ASM International)
- Cambell, J.** 2011. Complete casting handbook: metal casting processes, techniques and design. Oxford: Butterworth-Heinemann Title.
- SFS-EN 1559-1-2-3-4.** 2011. Valut. Tekniset toimitusehdot. Osa 1: Yleistä. Osa 2: Teräsvalujen lisävaatimukset. Osa 3: Rautavalujen lisävaatimukset. Osa 4: Alumiiniseosvalujen lisävaatimukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto
- SFS-EN ISO 8062-1-2-3.** 2007. Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Muotilla valmistettujen kappaleiden mittatoleranssit ja geometriset toleranssit. Osa 1: Sanasto. Osa 2: Säännöt Osa 3: Valukappaleiden mittojen yleistoleranssit, geometriset yleistoleranssit ja työstövarat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto
- SFS-EN ISO 10135.** 2009. Geometrinen tuotemäärittely (GPS). Muotilla valmistettujen kappaleiden piirustusmerkinnät teknisessä tuotedokumentoinnissa (TPD). Helsinki: Suomen standardoimisliitto
- SFS-EN 12890.** 2000. Valut. Valumallit, mallivarusteet ja keernalaatikat hiekkamuottien ja keernojen valmistamista varten. Helsinki: Suomen standardoimisliitto
- SFS-EN 1706.** 2010. Alumiini ja alumiiniseokset. Valut. Kemiallinen koostumus ja mekaaniset ominaisuudet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto
- SFS-EN 1561.** 2011. Valut. Suomugrafiittivaluraudat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

Lähdemateriaali

SFS-EN 1562:en. 2012. Founding. Malleable cast irons. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 1564. 2011. Valut. Ausferriittiset pallografiittivaluraudat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 12153. 2011. Valut. Kulumiskestävät valuraudat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 16079:en. 2012. Founding. Compacted (vermicular) graphite cast irons. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 10293. 2005. Yleiset valuteräiset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 10283. 2010. Korroosionkestävät valuteräiset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 10295. 2003. Tulenkestävät valuteräiset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 10213. 2007. Painelaiteteräiset. Valuteräiset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 10340:en. 2007. Steel castings for structural uses. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 10349. 2010. Valuteräiset. Austeniittiset mangaanivaluteräiset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 1982. 2008. Kupari ja kupariseokset. Valuharkot ja valukappaleet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN ISO 204:en. 2009. Metallic materials. Uniaxial creep testing in tension. Method of test (ISO 204:2009). Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN ISO 6506-1. 2006. Metallien Brinellin kovuuskoe. Osa 1: Menetelmä. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN ISO 6892-1. 2009. Metallien vetokoe. Osa 1: Vetokoe huoneenlämpötilassa. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN ISO 1099:en. 2012. Metallic materials -- Fatigue testing -- Axial force-controlled method. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 13018:en. 2001. Non-destructive testing. Visual testing. General principles. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN ISO 148-1. 2010. Metallien Charpyn iskukoe. Osa 1: Menetelmä. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 1370:en. 2012. Founding. Examination of surface condition. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 1369:en. 2012. Founding. Magnetic particle testing. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 1371-1-2:en. 2012. Founding. Liquid penetrant testing- Part 1: Sand, gravity die and low pressure die castings. Founding. Liquid penetrant inspection. Part 2: Investment castings. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 583. 1999. Rikkomaton aineenkoetus. Ultraäänitarkastus. Osa 1: Yleisperiaatteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 12680-1-2-3:en. 2012. Founding. Ultrasonic examination. Part 1: Steel castings for general purposes. Part 2: Steel castings for highly stressed components. Part 3: Spheroidal graphite cast iron castings Helsinki: Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 12681. 2003. Valut. Radiografinen tarkastus. Helsinki: Suomen standardoimisliitto

www.valuatlas.fi