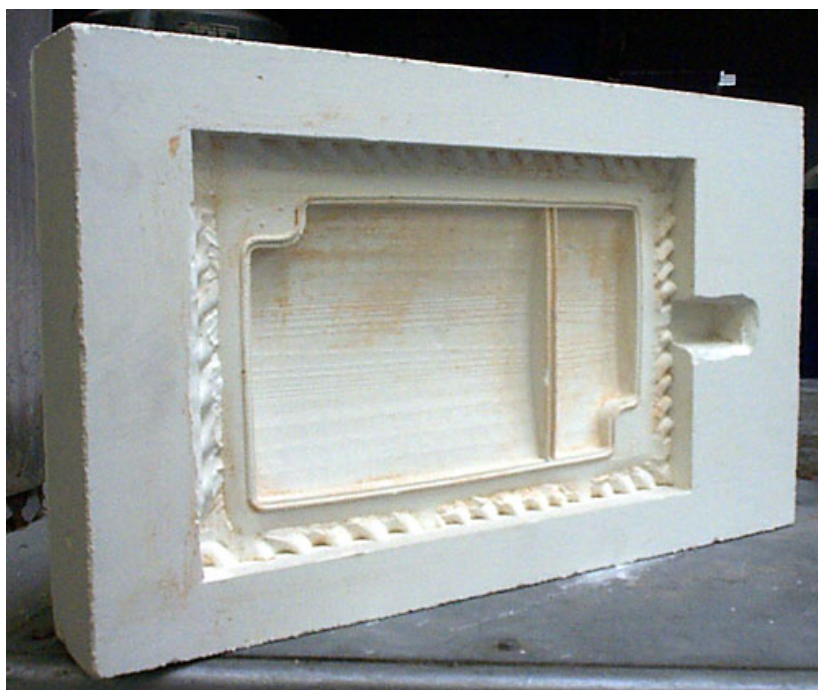


## Kipsimuotit

*Seija meskanen, Teknillinen korkeakoulu*

Kipsimuottiin valua voidaan käyttää vain seoksille, joilla on alhainen sulamispiste (Al-, Zn-, Mg- ja Cu-pohjaiset seokset), koska kipsimuotit hajoavat 1195°C:ssa (ja sulavat 1450°C:ssa). Sinkkiseoksista kipsimuotteihin valetaan painevaluseoksia ja laatuja, joiden lämpölaajenemiskertoimet ovat lähellä alumiiniseosten kertoimia. Alumiiniseoksia, joita voidaan valaa hiekkamuotteihin, voidaan valaa myös kipsimuotteihin. Samoin kupariseoksia lukuunottamatta yli 5% lyijyä sisältäviä laatuja, sillä niissä lyijy saattaa reagoida kipsimuottimateriaalien kanssa aiheuttaen huonon pinnanlaadun valukappaleeseen. Magnesiumin kipsivalua varten on kehitetty aivan erityisiä kipsiseoksia, sillä tavalliset kipsiseokset ja magnesium reagoivat keskenään. Erityisesti muotteihin mahdollisesti jääneen veden ja magnesiumin reaktio on räjähdysmäinen.



*Kuva 1. Kipsimuotin puolikas.*

Kipsimuotteja valmistetaan neljällä eri menetelmällä: 1) perinteinen menetelmä, 2) mallilaattamenetelmä, 3) Antioch-menetelmä ja 4) vaahtoava menetelmä. Nämä eroavat toisistaan niin muottimateriaalin koostumuksen kuin kuivauskäsittelynsäkin suhteen.

Kipsimuottimenetelmä voidaan laskea tarkkuusvalumenetelmäksi, koska sillä voidaan valmistaa monimutkaisia, ohutseinäisiä, mittatarkkoja sekä pinnanlaadultaan hyviä valukappaleita. Pinnanlaatu ja mittatarkkuus ovat vastaavia kuin painevalussa ja tarkkuusvalussa. Pinnanlaatu on yleensä 3,2mm tai parempi. Kipsimuotteihin valettujen kappaleiden laatuun vaikuttaa suuresti muottien valmistamiseen käytettävien kuiva-ainesten koostumus, lietteen valmistaminen ja kuivauskäsittely. Pienetkin muutokset kuiva-aineseoksessa ja vesi-kuiva-aineseossuhteessa vaikuttavat suuresti lopputulokseen. Kuivauskäsittelyn onnistumista helpottaa muottikoon vakioiminen.

Yleensä minimisarjasuuruutena pidetään 500 kappaletta, mutta menetelmää käytetään myös prototyypin tekemiseen. Käsityövaltaisuudesta johtuen kipsimuottimenetelmä ei ole kilpailukykyinen kovin suuria sarjoja valmistettaessa. Menetelmän taloudellisuus perustuu työstökustannuksista saataviin säästöihin.

Kipsimuotit jäähtyvät erittäin hitaasti. Perinteisellä kipsimuottimenetelmällä valmistetun muotin jäähtyminen kestää yli 4 kertaa kauemmin kuin tuorehiekkamuotilla. Tästä ominaisuudesta on sekä hyötyä että haittaa: Menetelmällä on mahdollista valaa hyvin ohutseinämäisiä valukappaleita. Erikoistapauksissa seinämänpaksuuksissa päästää jopa 0,5mm. Käytännössä minimiseinämänpaksuudeksi valitaan kuitenkin 1mm. Täysin normaaleissa kohteissa seinämänpaksuudet vaihtelevat 1,5-2,5mm. Lisäksi hitaan jäähtymisen ansiosta mallin pienimmätkin yksityiskohdat kopioituvat tarkasti valukappaleeseen. Hitaan jäähtymisen huonot puolet liittyvät tuotannon hitauteen ja suurimmalla osalla metalliseoksista se laskee valujen lujuuksia. Kipsimuotteihin valettujen kappaleiden mekaanisia ominaisuuksia voidaan parantaa käyttämällä metallisia jäähdytyskokilleja, joilla saadaan aikaan lämpötilagradientteja.

Kipsimuottimenetelmän huono puolet liittyvät sen korkeisiin kustannuksiin. Nämä johtuvat pääasiassa hitaasta prosessista sekä siitä, että muottimateriaalit eivät ole kierrätettävissä. Kipsimuottivalussa täytyy ottaa huomioon myös kipsimuottien huono kaasujen läpäisevyys. Tämän takia valu joudutaan suorittamaan joko tyhjässä tai paineen alaisena. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää täyteaineita, joilla parannetaan muottien kaasunläpäisevyyttä. Kipsimuottien kaasunläpäisevyyttä voidaan parantaa myös valmistamalla kipsimuotti perinteisen menetelmän sijasta Antioch-menetelmällä. Siinä riittävä kaasunläpäisevyys saadaan kontrolloimalla kipsin rekristallisoitumista autoklaavissa suoritettavalla höyrynpainekäsittelyllä (käsittelyparametrit ovat 120-125°C lämpötila, 2,0-2,5 barin paine, käsittelyajan ollessa 12 tuntia). Menetelmässä rakenteeseen saadaan syntymään raerajoja myöten kulkevia ilmarakoja.

Kipsimuottimenetelmässä käytetään kestopallia. Mallit ja keernalaatikot valmisteen yleensä metallista - alumiinista, sinkkiseoksista tai messingistä. Muita käytettäviä mallimateriaaleja ovat eri muovilaadut ja kumi. Mallilta vaaditaan, että se kestää lietettä, siten puumallit soveltuvat vain varauksin kipsimuottien malleiksi. Ilman pintakäsittelyä puumallit vääristyvät ja turpoavat. Pintakäsittelyinäkään niillä ei voida kaavata kuin muutamia kappaleita. Keernat valmistetaan yleensä myös kipsistä, mutta kuorikeernojakin voidaan käyttää.

## **Kipsimuottien valmistaminen**

---

Kipsimuottimenetelmässä käytetään poltettua kipsiä ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ , vrt. kipsi  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), joka sekoitetaan veteen, jolloin siitä syntyy kovettuva liete. Kipsiin voidaan lisäksi sekoittaa hienojakoista tulenkestävää täyteainetta (kvartsia tai molokiittia), kuitumaisia täyteaineita (mm. talkkia) muotin lujisuuden lisäämiseksi ja huokoisia lisäaineita tai sekoituksen aikana kaasuuntuvia aineita muotin kaasunläpäisevyyden parantamiseksi. Lisäaineilla vaikutetaan myös muotin kovettumisaikaan ja kovettumisen ja kuivauksen yhteydessä tapahtuvaan kutistumiseen/laajenemiseen. Lisäaineita ovat mm. sementti ja lasikuitu. Liette pitää kaataa muottiin heti, sillä sen kovettuminen alkaa välittömästi. Kun liete on kovettunut irrotetaan malli ja muottikehykset. Kipsimuottivaluun pyritään käyttämään vakiokokoisia kehyksiä, sillä niiden käyttö helpottaa tuotantoa erityisesti silloin kun valu suoritetaan vakuuissa. Vakiokokoiset kehykset helpottavat myös muottien kuivausta. Kehysten ja mallin poiston jälkeen kipsimuotti kuivataan kuumentamalla, jolloin se kovettuu liemen ylimääräisen veden ja kideveden haihtuessa. Kuivauslämpötila ja siihen käytettävä aika riippuvat mm. muottikoosta ja muotin valmistamiseen käytetystä menetelmästä. Muotin kokoamisen jälkeen suoritetaan valu joko vakuuissa tai paineen alaisena.

Kipsimuottimenetelmän vaiheet ovat:

1. Sekoitetaan kuivat aineet keskenään:

Valmiita kipsiseoksia on saatavana, mutta valimot voivat sekoittaa ne myös itse. Kipsiseosten koostumus voi vaihdella laajalla alueella. Niissä on yleensä 50–80 % kipsiä (kuiva-aineen painosta), kahta tai useampaa täyteainetta sekä erilaisia lisäaineita.

2. Lisätään kuiva-aineseos veteen ja niiden annetaan imeytyä n. 2-4 minuuttia:

Vesi-kuiva-aineseossuhteen ohjeena voidaan pitää 1,5:1. Sopivaksi havaittua suhdetta on ylläpidettävä tarkasti, sillä vesipitoisuuden lisääntyminen vaikuttaa lujuuksia heikentävästi ja tiheyttä pienentävästi. Vesipitoisuuden lisääntymisen muita vaikutuksia ovat: kaasunläpäisevyys lisääntyy, kovettumislaajeneminen pienenee ja kuivauskutistuminen suurenee. Lietteen valmistamiseen käytettävän veden lämpötilan tulisi olla alueella 38-57°C ja sen tulisi pysyä ±3°C tarkkuudella valitussa lämpötilassa. Veden lämpötilan noustessa muotin kovettumisaika lyhenee.

3. Sekoitetaan lietettä n. 2-5 minuuttia:

Kuiva-aineseoksen ja veden muutaman minuutin seisomisen jälkeen sitä aletaan sekoittaa. Liiallista sekoitusta tulee välttää, sillä se lisää lietteeseen sekoittuvan ilman määrää, lisää kovettumislaajenemista ja nopeuttaa kovettumista. Riittämätön sekoitus puolestaan johtaa veden erkautumiseen ja vaatimattomiin muottien lujuuksiin.

4. Käsitellään mallit irrotusaineella:

Mallien poisto on ongelmaton, jos irrotusaine on levitetty oikein ja sen koostumus on sopiva. Liian paksulla irrotusaineella on taipumus tunkeutua kipsimuottiin aiheuttaen huonon valupinnan. Lisäksi jos liian paksu irrotusaine on levitetty siveltimellä, jää siitä jälkiä pintaan. Irrotusaine voidaan levittää mallin pinnalla myös ruiskuttamalla.

5. Kaadetaan liete muottiin ja annetaan sen kovettua:

Monimutkaisten mallien yhteydessä saattaa olla tarpeellista käyttää tärypöytää kaadon yhteydessä, jotta mallin pinta peittyy virheettömästi eikä sen pintaan jää ilmakuplia. Liete tulee kaataa rauhallisesti, ettei siihen jää ilmaa sulkeuksiin. Muotin kovettuminen tapahtuu huoneenlämpötilassa.

6. Poistetaan malli ja muotin kehykset:

Malli voidaan poistaa n. 15–30 minuutin kuluttua. Kovettuneet muotit siirretään mahdollisimman pian kuivausuuniin. Huoneen lämpötilassa kuivuneet muotit ovat taipuvaisia halkeiluun.

7. Kuivataan muotti uunissa:

Kovettuessaan poltetu kipsi sitoo runsaasti vettä. Lietteeseen jäänyt ylimääräinen vesi täytyy poistaa kuivaamalla. Kuivauksessa poistetaan sen lisäksi tiettyyn rajaa asti myös kipsin kidevesi. Käytettävät lämpötilat ja uunissa pitoajat vaihtelevat laajalla alueella. Kuivausaikaan ja -lämpötilaan vaikuttaa muotin ominaisuuksista sen paksuus ja massa sekä lisäksi muotilta vaadittava kuivausaste ja tarkkuus. Lämpötila vaihtelee alueilla 175-250°C ja 760-870°C ja pitoajat 45 minuutista kolmeen vuorokauteen. Lyhyet kuivausajat vaativat korke-

amman lämpötilan. Tällöin muotin annetaan kuivauksen jälkeen jäähtyä uunissa vähintään 205°C:een. Korkeammissa lämpötiloissa kuivattujen muottien hyviin puoliin kuuluu nopeuden lisäksi myös niiden parempi kaasunläpäisevyys. Haittana on lujuuden heikkeneminen sekä suurempi taipumus vääntyillä ja kutistua (1,25-1,50% ja matalemmissa lämpötiloissa 1,00-1,25%) kuin matalemmissa lämpötiloissa kuivatuilla muoteilla. Tietyille muotille löytyy sopiva kuivauslämpötila yleensä vain kokeilemalla. Kun se on saatu määritettyä, tulisi siinä pysyä  $\pm 6^{\circ}\text{C}$  tarkkuudella.

#### 8. Muotti kootaan:

Kipsimuottien tekemisessä käytetään kehyksiä ainoastaan lietteen kaadon mahdollistamiseksi, jonka jälkeen ne poistetaan. Tämän vuoksi muotteihin täytyy suunnitella ja tehdä kohdistustapit. Jos muotteja ei valeta heti kuivauksen jälkeen, tulee ne säilyttää n. 65 °C:een lämpötilassa, etteivät ne ime kosteutta itseensä. Jos valu tapahtuu heti, annetaan muotin puoliskojen jäähtyä huoneenlämpötilaan, ennenkuin muotit kootaan ja keernat asetetaan niiden sisälle.

#### 9. Valu ja muotin purku:

Kipsimuotit voidaan esilämmittää 60–100 °C:een ennen valua. Tämä ei ole välttämätöntä, mutta sen avulla vähennetään valuvikoja ja parannetaan yksityiskohtien toistettavuutta. Kipsimuottien kaasunläpäisevyys on huono. Se on vain 1-2AFS, vrt. hiekkamuotilla vastaava arvo on yli 80AFS. Muotin täyttymisen apuna käytetään sekä vakuumia että painetta. Kipsimuottien purku on helppoa niiden vaatimattomien lujuuksien ansiosta. Valukappaleisiin kiinni jäänyt muotti- ja keernamateriaali saadaan poistettua suurpainevesisuihkulla.

### Lähteet:

---

Autere E., Ingman Y. & Tennilä P. - "Valimotekniikka II"

Eklund Juhani & Seppä Sirpa - "Perinteinen kipsimuottimenetelmä"

Metals Handbook volume 15 "Casting"