

## Alumiinin valaminen

*Scan Aluminium Pohjoismaisen alumiiniteollisuuden yhteistyöelin: Alumiinin valaminen ja työstäminen*  
*Toimittanut: Seija Meskanen, Teknillinen korkeakoulu*

### Valuseosten seosaineet

Alumiinia seostetaan muilla metalleilla tiettyjen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Valua varten alumiinia seostetaan useimmiten piillä (Si), mutta kuparia (Cu), magnesiumia (Mg), nikkeliä (Ni), sinkkiä (Zn) ja muita metalleja käytetään myös paljon. Alumiinia voidaan seostaa joko yhdellä tai useammalla näistä metalleista samanaikaisesti. Tärkeimmät seostamalla saavutettavat ominaisuudet, ovat:

- Pii alentaa sulamislämpötilaa ja parantaa ratkaisevasti valuominaisuuksia. Lisäämällä vielä magnesiumia saadaan karkenevia seoksia, joiden korroosionkestävyys on hyvä.
- Kupari tekee seokset karkeneviksi ja lisää lujuutta ja kovuutta.
- Magnesium lisää lujuutta ja kovuutta sekä korroosionkestävyyttä esim. merivedessä, parantaa lastuttavuutta ja hitsattavuutta sekä aikaansaa hyvän ulkonäön anodisoitaessa.
- Sinkki lisää lujuutta ja kovuutta ja yhdessä magnesiumin kanssa käytettäessä saadaan itse-karkenevia, lujia seoksia.

### Yleisimmät valuseokset

Alumiinivaluseokset jaetaan kokoomuksensa perusteella seuraaviin ryhmiin:

- AlSi
- AlSiMg
- AlSiCu
- AlMg
- AlCuTi
- AlZnMg

AlSi-seoksia käytetään eniten. Seosten valettavuus on erinomainen. Ne sopivat erityisesti monimutkaisiin, ohutseinämäisiin tai painetiiviisiin kappaleisiin. Lujuus ja venymä ovat keskinkertaiset. Korroosionkestävyys on hyvä, samoin hitsattavuus ja työstettävyys.

AlSiMg-seoksilla on samat hyvät ominaisuudet kuin AlSi-seoksillakin. Lisäksi magnesium (0,3–0,5 %) tekee seokset karkeneviksi. Tästä syystä lujuusominaisuuksia voidaan olennaisesti parantaa lämpökäsittelyllä. Työstettävyys on erittäin hyvä suuremman kovuuden ansiosta.

AlSiCu-seokset sopivat hyvin valettaviksi. Myös lastuttavuus on erittäin hyvä. Lujuusominaisuudet ovat keskinkertaiset. Suojaava pintakäsittely on välttämätön, mikäli seoksia käytetään syövyttävissä olosuhteissa.

AlMg-seokset edellyttävät korkeatasoista sulatus- ja valutekniikkaa. Erinomainen korroosionkestävyys meri-ilmastossa erottaa ne muista seoksista. Lastuttavuus on hyvä ja seoksia voidaan käyttää koristeanodisointiin.

AlCuTi-seokset edellyttävät korkeatasoista valutekniikkaa suuren jähmettymisalueen ja kuumahalkeamien esiintymisalttiuden takia. Näillä seoksilla saadaan lujuuden ja venymän edullisin

yhdistelmä. Seoksia käytetään silloin, kun asetetaan suuria mekaanisia vaatimuksia, erityisesti pyöriville kappaleille, jotka ovat alttiina iskumaisille kuormituksille.

AlZnMg-seokset ovat karkenevia ja niiden lujuus on poikkeuksellisen suuri. Niiden käyttöalue on laaja. Itsekarkeneminen aiheuttaa sen, että ne saavuttavat täyden lujuutensa, vaikkei niitä jäädytetäisikään nopeasti vedessä. Hitsatuissa rakenteissa tämä on erityinen etu silloin, kun rakenteet ovat liian suuria lämpökäsiteltäviksi hitsaamisen jälkeen. Hitsikohdat ovat näin yhtä lujia kuin muukin rakenne. Seosten mekaaniset ominaisuudet paranevat, jos seosten kiderakenne on hienojakoinen. Alttius lämpöhalkeamien syntymiseen pienenee samalla. Tällainen rakenne saadaan lisäämällä esim. titaania ja titaanidiboraattia.

AlSi-seoksille käytetään esikoiskäsittelyä, jalostamista, jossa rakennetta "modifioidaan", jolloin saadaan paremmat lujuusominaisuudet. Tähän tarkoitukseen käytetään tavallisesti pieniä määriä natriumia. Tämän käsittelyn vaikutus on tosin suhteellisen lyhyt, vain muutama tunti. Mm. strontiumilla saadaan sama tulos vaikutusajan ollessa huomattavasti pitempi.

## Valumenetelmän valinta

---

Valettavien kappaleiden määrä ja käytettävä seos vaikuttavat lähinnä valumenetelmän valintaan (hiekkä-, kokilli-, matalapaine- tai painevalu). Jos valettavia kappaleita on korkeintaan muutama sata, on kannattavinta käyttää hiekkavalua. Yhteen ainoaan valukertaan tai vain muutamaaan valuun käytetään puumallia ja käsinkaavausta. Suurempien määrien kaavaamiseen käytetään kaavauskonetta. Tällöin malli kiinnitetään metallilevyyn (mallilaattaan). Suurissa sarjoissa saattaa kokillin valmistaminen kannattaa. Hiekkakeernojen tai matalapainevalun yhdistäminen kokillivaluun on mahdollista. Painevalu on usein suositeltava menetelmä valettaessa suuria määriä (useita tuhansia) edellyttäen, että kappaleelle voidaan valmistaa painevalumuotti. Painevalu on yleensä edullisin, jos kappaleen seinämät ovat suhteellisen ohuet ja muodot monimutkaiset. Jos taas kappaleen seinämänpaksuudet ovat suurehkot ja muodot suhteellisen yksinkertaiset, on matalapainevalu usein hyvä ratkaisu.

## Lujuus

---

Lujuus ei riipu ainoastaan käytettävästä seoksesta. Suurempi lujuus voidaan saavuttaa mm. käyttämällä kokillivalua hiekkavalun asemesta. Kokillivalulla on suurempi jäähdyttymisnopeus, mikä antaa tulokseksi hienorakeisen rakenteen. Asettamalla metallilevyjä jäädyttäviksi hiekkamuotteihin voidaan halutuissa kohdissa saavuttaa tulos, joka muistuttaa kokillivalulla saatua rakennetta.

## Pinnan laatu

---

Hiekkavalulla saadaan tavallisesti hieman karkeampi pinta kuin kokilli- tai painevalulla. Kappaleen pintaa voidaan kuitenkin parantaa käyttämällä erikoishiekkalaatuja ja -sidosaineita, mahdollisesti yhdessä kuorimuottivalun kanssa. Suotuisissa tapauksissa kokillivalulla saavutetaan sileä pinta ja painevalulla vielä sileämpi pinta.

## Mittatarkkuus

---

Painevalulla saadaan tarkimmat valukappaleet. Tätä menetelmää käytettäessä mittapoikkeamat ovat vain muutama kymmenesosa mm/100mm. Valukappaleen mittatarkkuuteen vaikuttavista tekijöistä voidaan mainita:

- valumuotin laatu
- valukappaleen koko ja muoto

- keernojen kiinnitystapa
- mittauskohteen sijainti muotissa

Tarkimmat mitat ovat sellaisessa kappaleen osassa, jonka pinnat rajoittuvat samaan muotinosaan.

## **Toleranssialueen suurentaminen (jakopintalisä)**

---

Jos mitta muodostuu kahdesta tai useammasta muotinosasta, muotinosasta ja keernasta tai kahdesta tai useammasta keernasta, suurennetaan sen toleranssialuetta jakopintalisällä, joka määräytyy toleranssiasteen mukaan. Vain yksi jakopintalisä otetaan huomioon silloinkin, kun enemmän kuin kaksi muotinosaa tai keernaa muodostaa mitan. Mittoihin, jotka muodostuvat vain yhdestä muotinosasta tai yhdestä keernasta, ei oteta jakopintalisää.

## **Seinämänpaksuuden mitta**

---

Seinämänpaksuuden mitalla tarkoitetaan kappaleen seinämien mittoja, jotka muodostuvat kahden muotinosan välillä, muotinosan ja keernan välillä tai kahden keernan välillä. Näille mitoille valitaan yhtä astetta suurempi toleranssi kuin muille mitoille. Myös jakopintalisä valitaan suuremman toleranssiasteen mukaan. Seinämänpaksuuden mitoille, jotka muodostuvat vain yhdestä muotinosasta tai vain yhdestä keernasta, ei käytetä korkeampaa toleranssiastetta eikä jakopintalisää myöskään oteta huomioon. Sopimuksen mukaan voidaan käyttää kaksinkertaista jakopintalisää, mikäli muuten voi syntyä vaikeuksia pitää toleranssit, esim. monimutkaisia keernayhdistelmiä käytettäessä.

## **Työstövara**

---

Kappaleen ulko- ja sisäpuoliset työstövarat voidaan jättää pienemmiksi, koska alumiiniseokset voidaan valaa tarkemmin ja saada parempi pinnan laatu kuin esim. valuraudalla tai kupariseoksilla. Liian suuret työstövarat nostavat työstökustannuksia ja lisääntynyt ainemäärä voi aiheuttaa valuvikoja (huokosia).

Työstövaran keskimääräisiksi arvoiksi tulee valita

- hiekkavalussa 2–3 mm
- kokillivalussa 1–2 mm
- painevalussa 0,3–0,5 mm

## **Alumiiniseoksen valinta**

---

Useat tekijät vaikuttavat valuseoksen valintaan. Jotkut valuseokset asettavat suuria vaatimuksia sulan käsittelylle ja valvonnalle. Vaikka alumiiniseoksia onkin helppo valaa, saadaan joillakin seoksilla epätydyttävä tulos esim. painevalulla. Monimutkaisille kappaleille on erittäin tärkeää valita seos, jonka valettavuus on hyvä. Ensin on selvitettävä, minkä tyyppiset valuseokset voivat valuteknisesti tulla kysymykseen ao. tuotteen kohdalla. Näistä valitaan valuseos, joka täyttää lujuus-, korroosionkestävyys-, pintakäsittely- ym. vaatimukset. Jollei millään valuteknisesti hyväksyttävällä seoksella ole tyydyttäviä mekaanisia ominaisuuksia, saattaa rakenteen muuttaminen olla välttämätöntä. Uudelleensuunnittelun tarkoituksena on valukappaleen yksinkertaistaminen ja siten seoksen valukelpoisuusvaatimusten pienentäminen. Yksinkertaistamisen ansiosta voidaan käyttää muita valuseoksia, joilla on halutut mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet.

## Alumiiniseoksista valmistettävien valukappaleiden suunnitteluohjeet

---

Kappaleen täytyy olla tarkoituksenmukainen. Muodon on oltava oikea ja siten suunniteltu, että se kestää siihen kohdistuvat rasitukset. Oikean seosvalinnan lisäksi on otettava huomioon periaatteet, jotka yleensä pätevät valutuotteisiin, kuten esim.

- mahdollisimman yksinkertainen muoto
- oikeat päästökulmat ja vastapäästöä vain harvoissa kohdin tai ei lainkaan
- esteetön kutistumismahdollisuus
- aineen tasainen jakautuminen
- vähäinen jälkityöstö

Suunnittelijan täytyy ottaa huomioon, että alumiinin kimmomoduuli on noin 70.000 N/mm<sup>2</sup> (valuraudan noin 100.000 N/mm<sup>2</sup> ja valuteräksen noin 200.000 N/mm<sup>2</sup>), minkä vuoksi voidaan tarvita konstruktiivisia muutoksia, kuten esim. suurempi hitausmomentti kuin vastaavilla teräskappaleilla. Tähän päästään esim.

- putki- tai palkkirakenteilla
- suurten pintojen tukemisella
- vahvistusrivoilla ja paksunnoksilla

Rauta- tai raskasmetallikappaleiden malleja ei poikkeavien kutistumisolosuhteiden takia yleensä voida käyttää sellaisenaan alumiiniseoksille.

## Seinämänpaksuus

---

Alumiiniseosten erinomaiset valuominaisuudet sallivat usein seinämänpaksuuden ohentamisen verrattuna rauta- tai teräskappaleisiin. Siksi painon aleneminen siirryttäessä teräksestä alumiiniin voi olla suurempi kuin ominaispainojen erotus edellyttää. Hiekkavaletun kappaleen seinämänpaksuuden tulee olla vähintään 4-5mm, kokillivaletun 3mm ja painevaletun 1,5mm. Toisaalta kappaleen seinämänpaksuus ei saa olla suurempi kuin välttämättä tarvitaan halutun lujuuden saavuttamiseksi, sillä seinämänpaksuuden suurentaminen lisää huokostenmuodostumisriskiä. Kappaleen seinämänpaksuus on pidettävä mahdollisimman alhaisena myös siksi, että aineen lujuusominaisuudet tulisivat hyväksikäytettyä. Valuraudasta ja valuteräksestä valmistetun laipan lujuus ei lisäännä suhteessa sen paksuuteen. Sama pätee myös alumiinilaippaan. Tämä johtuu siitä, että kappaleen lujuus - esim. murtolujuus - alenee kappaleen paksutessa. Alumiiniseosten hyviä valuominaisuuksia voidaan käyttää hyväksi tarvittavan lujuuden ja jäykkyyden saavuttamiseksi konstruktiivisin keinoin esim. jäykistysrivoilla, kauluksilla ja U-, T-, L- ja H-poikkileikkausmuotoa käyttämällä.

## Liitoskohdat, kulmat ja reunat

---

Terävät liitoskohdat esim. seinämien ja tason välillä estävät metallin ulosvirtausta ja kutistumishalkeamien syntymismahdollisuus kasvaa. Sisäpuoliset kulmapyöristykset tulee sovittaa seinämänpaksuuden mukaan. Tulos on valuteknisesti hyvä, jos sisäpuolinen pyöristys on yhtä suuri kuin seinämänpaksuus. Jos pienempi pyöristyssäde on tarpeen, se ei saa alittaa 4-5mm hiekkavalussa, 3mm kokillivalussa ja 1mm painevalussa. Ulkoreunat pitää myös pyöristää. Ulkoisen pyöristyksen aikaansaaminen voi olla vaikeaa kohdissa, jotka ovat muotin jakotasossa. Ongelma ratkaistaan usein pyöristämällä reuna esim. hiomalla sen jälkeen, kun tuote on valettu. Tasainen ja asteittainen siirtyminen poikkipintamuutoksissa on hyvin merkittävä kappaleen tiheyden ja koivuuden kannalta. Tämä on erityisen tärkeää dynaamisesti kuormitetuissa kappaleissa.

## Päästöt

---

Metalli kutistuu valettaessa; ensin jähmettyessään ja sitten jäädytettäessä. Kaikki sisäpinnat, jotka ovat kohtisuorassa kokillin jakotasoja vastaan, täytyy varustaa päästöillä, jottei valukappale tarttuisi kiinni kokilliin. Samoin hiekkamuoteissa on oltava päästö, jotta malli voidaan poistaa muotista vahingoittumattomana. Pienimpänä sisäpintojen päästönä voidaan pitää seuraavia ohjeita:

- Hiekkavalu 1
- Kokillivalu 0,5
- Painevalu
- Ulkopuolisten pintojen päästö voi olla 1–1,5 %.

Kappale täytyy usein irrottaa muotista ulostyöntäjällä käytettäessä sisäpuolisia kiinteitä teräskeernoja, joihin metalli tarttuu kiinni. Tämän vuoksi tarvitaan suurempi päästö kuin irrallisia keernoja käytettäessä.

## Reiät

---

Hiekkavalussa voidaan valaa yleensä läpimeneviä reikiä. Keernan täytyy olla vain tuettu, jottei se pääse siirtymään valettaessa. Reiän pituus saa olla korkeintaan 5 kertaa halkaisija. Reiän pituus voi olla kokillivalussa korkeintaan 4-6 kertaa reiän halkaisija, jos käytetään teräskeernoja. Pienin arvo on voimassa 10mm rei'ille ja suurin 25mm rei'ille. Yleensä kuitenkin vältetään pienten reikien valamista. Kokilli- ja painevalulla voidaan valaa reikiä, jotka eivät ole läpimeneviä. Reiän syvyys ei kuitenkaan saa olla yli 3 kertaa halkaisija. Keernanpoiston täytyy tapahtua erittäin huolellisesti jos on valettava useita reikiä. Reikien ympärillä oleva aine kutistuu, mikä aiheuttaa suuren paineen keernoihin. Keernat ovat alttiina sivuvoimille erikoisesti silloin, kun reiät eivät ole läpimeneviä. Reikien välillä täytyy olla stabiili pinta keernojen kuormituksen keventämiseksi. Kappaleen vahvistamiseksi sekä mahdollisen myöhemmän työstön yksinkertaistamiseksi täytyy reiänkohta vahvistaa paksunnoksella, jonka korkeuden tulee olla vähintään puolet kappaleen paksuudesta ja halkaisijan noin 2 kertaa reiän halkaisija.

## Hampaat ja kierteet

---

Kokilli- ja painevalussa voidaan valaa sekä ulko- että sisäpuolisia hampaita. Sisäpuolisille hampaille tarvitaan 0,1-0,2mm päästö hampaiden leveydestä riippuen. Ulkopuoliset hampaat voidaan valaa ilman päästöä. Jos hampaat ovat leveät suhteessa hammasjakoon, täytyy myös ulkopuoliset hampaat valaa päästöillä. Hampaat täytyy jälkityöstää, jos hampaiden tarkkuuden on oltava suuri. Jälkityöstö on vähäinen, koska vain vähän ainetta tarvitsee poistaa. Ulkopuolisia kierteitä, joiden halkaisija on vähintään 10mm ja nousu vähintään 1mm, voidaan valaa painevalulla. Valuteknisistä syistä kierreosan täytyy olla muotin jakotasossa. Muotinpuoliskot voivat siirtyä valun aikana ja tästä saattaa olla seurauksena soikionmuotoinen kierreosa. Valettujen kierteiden työstö on tästä syystä välttämätön. Sisäpuolisia kierteitä valetaan harvoin, koska niihin tarvitaan hyvin monimutkaisia muotteja. Alumiinikappaleen kierteitä vahvistetaan usein teräksisillä "kierreosilla".

## Yhdistelmävalu

---

Erityiskuormitettuihin kohteisiin voi olla edullista valaa sisään sopivia osia jostakin muusta metallista. Nämä voivat olla pultteja, kierreholkkeja, laakeriholkkeja jne. Nämä osat täytyy muotoilla siten, että valukappale kutistuu osan päälle eikä siitä pois päin. Osa täytyy varmistaa myös siirtymistä tai vääntymistä vastaan. Tämä voidaan tehdä karhennuksilla, urilla, rei'illä, muotoilemalla kappale monikulmion muotoiseksi jne. Osan ympärillä olevan kappaleen täytyy olla tarpeeksi

paksu kestääkseen kutistumisjännitykset ulkoisten voimien aiheuttamien jännitysten lisäksi. Osa on pintakäsiteltävä esim. sinkitsemällä tai kadmioimalla, jos on todennäköistä, että kosteus voi tunkeutua kiinnivaletun osan ja alumiinin rajapintaan. Uudempi ja kehittyneempi tapa on nk. "Al-Fin"-menetelmä. Kiinnivalettavat teräsosat käsitellään kylvyssä, joka koostuu erikoisalumiiniseoksista. Prosessissa muodostuu ferroalumiinikerros osan pintaan. Kun osa sitten valetaan kiinni alumiiniin, alumiinin ja teräksen välille saadaan käytännöllisesti katsoen yhteensulautunut liitos ilman välissä olevaa oksidikaivoa tai ilmaa. Yhdistelmävalun merkitystä ei pidä liioitella, koska se vaikeuttaa valua ja koska valuvikojen riski lisääntyy. Menetelmä sopii parhaiten kokilli- ja painevaluun.

## Alumiinisten valukappaleiden jälkikäsitely

---

Valukappale on puhdistettava muotista ottamisen jälkeen. Mahdolliset keernat irrotetaan ja kiinnitarttunut hiekka harjataan tai puhalletaan pois. Valukanavat ym. leikataan irti vannesahalla ja muotin jakotasossa olevat purseet poistetaan meislaamalla tai hiomalla. Yleensä asiakas haluaa aina jonkinlaisen jälkikäsitelyn. Tässä esitetään lyhyesti muutamia valimoiden suorittamaa jälkikäsitelymenetelmiä.

- **Hiominen.** Muotin jakotasossa olevat purseet ja ulkonevat epätasaisuudet hiotaan pois. Tämä on kaiken muun jatkokäsittelyn perusta.
- **Hiekkapuhallus.** Hiomisen jälkeen voidaan suorittaa hiekkapuhallus, jolloin kappaleeseen saadaan tasainen mattapinta. Hiekkapuhallus on taloudellisin pintakäsittelytapa. Se voidaan suorittaa joko käsin tai automaattisesti.
- **Rummutus.** Tätä menetelmää käytetään keskisuurille ja pienille valukappaleille. Valukappaleet asetetaan rumpuun, josta 3/4 on täytetty pienillä teräskartioilla tai -paloilla sekä saippuavedellä tai sahanpuruilla. Rumpu, joka on sisältä vuorattu puulla tai kumina, pyörii hiljalleen yhdestä useaan tuntiin halutusta pinnan laadusta riippuen. Rummutuksella saadaan kauniimpi ja kiiltävämpi pinta kuin hiekkapuhalluksella.

**Anodisointi.** Prosessia käytetään lähinnä hiekka- ja kokillivaletuille kappaleille. Anodisoinnin tarkoitus voi olla esim. kappaleen korroosionkestävyyden parantaminen tai koristeellisen pinnan aikaansaaminen. Seosten anodisoitavuus vaihtelee. Koristetarkoituksiin anodisoitaviksi sopivat parhaiten seokset AlMg5 (anodisoinnissa hopeanvalkea pinta) ja AlZn5Mg (kullanvalkea pinta). Useimmat muut valetut laadut tulevat anodisoitaessa pinnaltaan harmaan eri sävyisiksi, jopa mustiksi. Painevaletut tuotteet eivät sovi anodisoitaviksi koristetarkoituksiin, koska painevalussa syntyy helposti pinnan rakenne-eroja. Niitä ei huomaa käsittelemättömässä pinnassa, mutta ne tulevat selvästi näkyviin varjoina ja vääränvärisinä alueina anodisoinnin jälkeen.