

## Painevalettavat metalliseokset

*Tuula Höök – Tampereen teknillinen yliopisto*

Painevalumuotin suunnittelussa tarvitaan tietoa eri metalliseosten lämpöominaisuuksista. Tietoa tarvitaan muotin valukanaviston ja temperoinnin suunnittelussa sekä kutistuman arvioinnissa. Tärkeimmät tarkasteltavista ominaisuuksista ovat seoksen liquiduslämpötila, jähmettymisväli, valulämpötila, lämpöpitenemiskerroin, ominaislämpökapasiteetti sekä muottimateriaalin ja metalliseoksen välinen lämmönsiirtymiskerroin. Muotin valmistusmateriaalit valitaan myös valettavan metalliseoksen lämpöominaisuuksien perusteella, mutta tämä valinta on hyvin yksinkertainen. Valinta tehdään pääosin valulämpötilan ja muotin jäähdetyksen voimakkuuden perusteella.

Valukappaleen suunnittelijan tulee olla perillä kunkin valuseoksen asettamista vaatimuksista minimipäästöjen ja nurkkapyöritysten suhteen. Päästökulmat ja pyöritykset ovat eottomaton osa kappalegeometriaa eikä muotinvalmistajalla ole mahdollisuuksia vaikuttaa niihin.

### Alumiiniseokset

Painevalumenetelmällä voidaan valaa seuraaviin ryhmiin kuuluvia seoksia:

- alumiini-piiseokset
- alumiini-pii.magnesiumseokset
- alumiini-pii-kupariseokset
- alumiini-magnesiumseokset

Kaikkien näihin ryhmiin kuuluvien seosten ominaislämpökapasiteetti on 963 J/kg K. Valulämpötilat vaihtelevat 615 – 705 °C välillä. Muottipesiä jäähdytetään tavallisesti voimakkaasti. Muottia ruiskutetaan melko pitkään ja jos muottipesässä on korkeita ulkonemia, kuten rivoituksia, jäähdytystä tehostetaan. Kuumaan valuseokseen kosketuksissa olevat osat muotista koneistetaan johonkin sopivaan kuumatyöteräkseen. Muotin kestoikä on tyypillisesti noin 100 000 iskua. Kestoikään vaikuttaa kuitenkin kappaleen ja sen kautta muottipesän muoto ja kappaleelle asetetut pinnanlaatuvaatimukset. Mitä tiukemmat pinnanlaatuvaatimukset ovat, sitä pienemmän määrän iskuja muotilla voi tehdä. Muottipesän pinta alkaa säröillä jo kauan ennen 100 000 iskua, mutta tuotantoa jatketaan, kunnes muottipesän pinta huonontuu niin paljon, että kappaleen pinnanlaatu ei täytä enää vaatimuksia.

Seuraavan sivun taulukoissa on listattu kunkin seosryhmän seosten nimet ja tärkeimpiä ominaisuuksia.

Taulukko 1. Alumiini-piiseokset

Seos	Valu- lämpötila °C *	Jähmettymis- alue °C **	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>3</sup> *	Lämpö- pitenemis- kerroin, µm/mK, 20 - 100 °C *	Lämpö- pitenemis- kerroin, µm/mK, 20 - 200 °C *	Lämpö- pitenemis- kerroin, µm/mK, 20 - 300 °C *
Al Si12(Fe)	635 - 705	577 - 590		20 ***		
Al Si9	635 - 705	577 - 605		21 ***		
B 85 Alloy 413.0	635 - 705	577 - 585	2.657	20.4	21.4	22.4
B 85 Alloy A413.0	635 - 705	577 - 585	2.657	20.4	21.4	22.4
B 85 Alloy C443.0	635 - 705	577 - 630	2.69	22	23	24

\* ASM Handbooks Online, Osa 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials: Properties of Cast Aluminum Alloys

\*\* Määritetty Al-Si tasapainopiirroksista

\*\*\* SFS - EN 1706. Alumiini ja alumiiniseokset. Valut. Kemiallinen koostumus ja mekaaniset ominaisuudet

Taulukko 2. Alumiini-pii-magnesium/kupari -seokset

Seos	Valu- lämpötila °C *	Solidus °C *	Liquidus °C	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>3</sup> *	Lämpö- pitenemis- kerroin, µm/mK, 20 - 100 °C *	Lämpö- pitenemis- kerroin, µm/mK, 20 - 300 °C *
Al Si10Mg(Fe)			580 - 600 **		21 ***	
Al Si11Cu2(Fe)			560 - 590 **		20 ***	
Al Si12Cu1(Fe)			575 - 590 **		20 ***	
Al Si8Cu3			580 - 605 **		21 ***	
Al Si9Cu3(Fe)			565 - 600 **		21 ***	
Al Si9Cu3(Fe)(Zn)			565 - 600 **		21 ***	
B 85 Alloy 360.0	635 - 705	555	580 - 600 **	2.630	21	23
B 85 Alloy 380.0	635 - 705	540	570 - 605 **	2.71	22	
B 85 Alloy 383.0	615 - 700	515	565 - 590 **	2.74	21.1	
B 85 Alloy 384.0	615 - 700	515	555 - 585 **	2.823	20.8	
B 85 Alloy 390.0		505	650 *	2.73	18	
B 85 Alloy 392.0						
B 85 Alloy A360.0	635 - 705	555	580 - 600 **	2.630	21	23
B 85 Alloy A380.0	635 - 705	540	570 - 605 **	2.71	21.8	
B 85 Alloy B390.0		505	650 *	2.73	18	

\* ASM Handbooks Online, Osa 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials: Properties of Cast Aluminum Alloys

\*\* Laskettu piiekvivalenttimenetelmällä, joka on esitetty lähteessä: Hernandez, Djurdjevic, Kierkus, Sokolowski: Calculation of the liquidus temperature for hypo and hypereutectic alumiini pii seokset

\*\*\* SFS - EN 1706. Alumiini ja alumiiniseokset. Valut. Kemiallinen koostumus ja mekaaniset ominaisuudet

Taulukko 3. Alumiini-magnesium -seokset

Seos	Valu- lämpötila °C *	Solidus °C *	Liquidus °C	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>3</sup> *	Lämpö- pitenemis- kerroin, µm/mK, 20 - 100 °C *
Al Mg9					24 **
B 85 Alloy 518.0		535	620	2.57	24.1 *

\* ASM Handbooks Online, Osa 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials: Properties of Cast Aluminum Alloys

\*\* SFS - EN 1706. Alumiini ja alumiiniseokset. Valut. Kemiallinen koostumus ja mekaaniset ominaisuudet

## Magnesiumseokset

Seuraavia magnesiumseoksia voidaan valaa painevalumenetelmällä:

- Magnesium-alumiini-mangaani -seokset
- Magnesium-alumiini-pii -seokset
- Magnesium-alumiini-sinkki -seokset

Näiden seosten ominaislämpökapasiteetti on 1020 – 1050 J/kgK. Valulämpötila vaihtelee välillä 645 – 710 °C seoksesta riippuen. Magnesiumseosten lämpösisältö on alhainen, joten muottia ei tarvitse jäähdyttää voimakkaalla ruiskutuksella. Toisinaan on hankaluuksia estää muottia jäähtymästä liikaa ja sitä joudutaan lämmittämään jäähdyttämisen sijasta.

Tyypillinen muotin kestoikä vaihtelee 100 000 iskusta 300 000 iskuun. Kuumaan metalliin kosketuksissa olevat muotin osat valmistetaan jostakin sopivasta kuumatyöteräksestä. Muottipesän osat karkaistetaan ja päästetään 46-48 HRC kovuuteen.

Taulukko 4. Magnesium-alumiini-mangaani -seokset, pääasiallinen lähde: Westengen, Aune: Magnesium casting alloys

Seos	Valu- lämpötila °C	Jähmettymis- alue °C	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>2</sup>	Tiheys solidus- rajalla, g/cm <sup>2</sup>	Tiheys liquidus- rajalla, g/cm <sup>2</sup>	Lämpö- pitenemis- kerroin, μm/mK, 20 - 100 °C *
EN MgAl2Mn	680 - 710	420 - 640	1,75	1,65	1,62	
EN MgAl5Mn	660 - 690	420 - 620	1,77			
EN MgAl6Mn	655 - 685	420 - 615	1,80	1,67	1,61	
EN MgAl7Mn						
ASTM B 94 Seos AM50A	660 - 690	420 - 620	1,77			
ASTM B 94 Seos AM60A	655 - 685	420 - 615	1,80	1,67	1,61	25.6
ASTM B 94 Seos AM60B	655 - 685	420 - 615	1,80	1,67	1,61	25.6

Taulukko 5. Magnesium-alumiini-pii -seokset, pääasiallinen lähde: Westengen, Aune: Magnesium casting alloys

Seos	Valu- lämpötila °C	Jähmettymis- alue °C	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>2</sup>	Tiheys solidus- rajalla, g/cm <sup>2</sup>	Tiheys liquidus- rajalla, g/cm <sup>2</sup>	Lämpö- pitenemis- kerroin, μm/mK, 20 - 100 °C *
EN MgAl2Si	670 - 700	420 - 632	1,76	1,65	1,61	
EN MgAl4Si	645 - 685	420 - 617	1,77			
ASTM B 94 Seos AS41A	645 - 685	420 - 617	1,77			26.1
ASTM B 94 Seos AS41B	645 - 685	420 - 617	1,77			26.1

Taulukko 6. Magnesium-alumiini-sinkki -seokset, pääasiallinen lähde: Westengen, Aune: Magnesium casting alloys

Seos	Valu- lämpötila °C	Jähmettymis- alue °C	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>2</sup>	Tiheys solidus- rajalla, g/cm <sup>2</sup>	Tiheys liquidus- rajalla, g/cm <sup>2</sup>	Lämpö- pitenemis- kerroin, μm/mK, 20 - 100 °C *
EN MgAl8Zn1						
EN MgAl9Zn1(A)	640 - 670	420 - 600	1,81	1,71	1,67	
ASTM B 94 Seos AZ91A	640 - 670	420 - 600	1,81	1,71	1,67	26
ASTM B 94 Seos AZ91B	640 - 670	420 - 600	1,81	1,71	1,67	26
ASTM B 94 Seos AZ91D	640 - 670	420 - 600	1,81	1,71	1,67	26

## Sinkkiseokset

Sinkkiseosten sulattaminen ei vaadi yhtä paljon energiaa kuin tavallisimpien kevytmetalliseosten sulattaminen. Sinkkiseosten ominaislämpökapasiteetti on ainoastaan puolet alumiini- ja magnesiumseosten ominaislämpökapasiteetista. Valulämpötila on matala. Muotti kestää useimmiten jopa miljoona iskua ja se voidaan valmistaa halvemmista teräslaaduista kuin alumiini- ja magnesiumseosten muotit.

Taulukko 7. Sinkkiseokset

Seos	Valu- lämpötila °C *	Jähmettymis- alue °C *	Tiheys 20 °C lämpötilassa, g/cm <sup>3</sup> *	Jähmettymis- kutistuma, % *	Ominais-lämpö- kapasiteetti, J/ kgK *	Lämpö- pitenemis- kerroin, μm/mK, 20 - 100 °C *
B 86 - ZA-8	435 - 460	375 - 404	6.30	1	435	23.2
B 86 - ZA-12	460 - 490	377 - 432	6.03	1.3	450	24.1
B 86 - ZA-27	515 - 545	375 - 484	5.00	1.3	525	26
B 86 - AC 41A	395 - 425	380 - 386	6.7	1.17	419	27.4
B 86 - AC 43A	395 - 425	379 - 390	6.6	1.25	419	27.8
B 86 - AG 40A	395 - 425	381 - 387	6.6	1.17	419	27.4
B 86 - AG 40B	395 - 425	381 - 387	6.6	1.17	419	27.4

\* ASM Handbooks Online, Osa 2, Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials