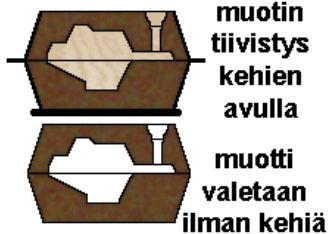


Muottien valmistus kemiallisesti kovettuvilla hiekoilla

Seija Meskanen, Teknillinen korkeakoulu
Tuula Höök, Valimoinstituutti

Kaavaus kaavauskehyksiin ja pullakaavaus

Kemiallisesti kovettuvat hartsihiekkaseokset kaavataan yleensä käsin kaavauskehyksiin. Hiekka lasketaan (ei sullota) kaavauskehyksiin jatkuvatoimisista ruuvisekoittimista. Kääntö ja mallin irrotus tapahtuu nosturia apuna käyttäen tai suurten, 2 – 3 m pituisten kaavauskehysten tapauksessa erityisellä kääntö-irrotuskoneella. Vielä tätäkin suuremmat valukappaleet valetaan ilman kehyksiä kuoppaan lattia- eli permantokaavauksena. Myös pienempiä kappaleita voidaan valaa kehyksettömällä menetelmällä pullakaavauksena.



Kaavauskehykset asetetaan mallin ympärille mallipohjan tai kaavausalustan päälle. Hiekka lasketaan ruuvisekoittimesta kehysten sisään. Terästen tai muulla tavoin vaativien materiaalien valussa mallin pinnalle voidaan laskea ensin korkealaatuista mallihiekkaa ja täyttää loput kehyksestä edullisemmalla täytehiekalla. Muotit käännetään ja mallit irrotetaan. Kaavatut muotit peitostetaan joko sivelemällä, valuttamalla tai ruiskuttamalla. Ylimääräinen peitoste on poistettava. Muotti keernoitetaan ja kootaan. Muotin jakopinta tiivistetään tarvittaessa muovautuvalla tiivistenauhalla tai pursotettavalla tahnalla ennen muotin sulkemista.

Kuva 1. Pullakaavausmuotti.



Kuva 2. Muotin jakopinnan tiivistys pursotettavalla tahnalla.

Kehyksettömän eli pullakaavaukseen apuna käytettävä kehys voi olla joko irtonainen tai mallin kiinteä osa. Ruuvisekoittimesta pudotettu hiekka tasataan joko vetämällä ylimääräinen hiekka pois tasauslastalla tai puristamalla puristuslaitteella. Kovettumisen jälkeen muotista irrotetaan sekä malli että kehys. Pulla peitostetaan, muotin yläpuolen pulla käännetään, muotit keernoitetaan ja suljetaan. Pullat on joko painotettava tai lukittava toisiinsa, jotta ylämuotin puolisko ei nousisi sulan metallin nostovoiman vaikutuksesta.

Lattia- eli permantokaavaus ja jäykkäkaavaus

Kappaleet, jotka ovat liian suuria kaavauskehiin, kaavataan lattia- eli permantokaavauksena. Käytännössä tällä tarkoitetaan kaavausta valimon lattiassa olevaan valukuoppaan. Kaavaus tapahtuu yleensä joko irtomallien avulla tai kokoamalla muotti keernoista. Toistuvissa töissä tehdään sementtihakasta "kestomuotti", joka mukailee valukappaleen päämittoja. Tämän sisään muodostetaan varsinainen valumuotti sisä- ja ulkopuolisilla keernoilla. Menetelmässä käytetään yleisesti sementtihakkoja, mutta myös furaanihiekkää käytetään.

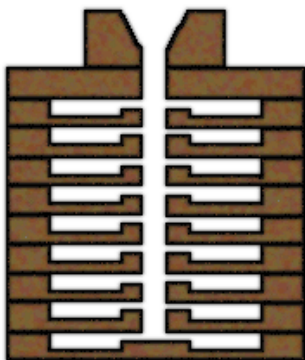
Jäykkäkaavauksessa sideaineena käytetään sementtiä. Hartsihakkojen käyttö on lähestulkoon kokonaan syrjäyttänyt sementtihakkojen käytön. Sementtihakkoja käytetään kuitenkin toisinaan, koska niillä saadaan valmistettua jäykempiä muotteja kuin millään muulla tavanomaisella menetelmällä. Valuraudan jäähmettymisen yhteydessä muotin seinämiin kohdistuu suuri paine, jonka seurauksena tuore- ja hartsihakkoista valmistetut muotit myötävät. Tällöin niiden tilavuus kasvaa ja syötön tarve suurenee. Muotin myötäminen voidaan estää sementtihakkoista valmistetuilla muoteilla, siitä nimitys jäykkäkaavaus.

Sementtihakkan perushiekkana käytetään korkealaatuista kvartsihiekkää, sillä sementti laskee hiekan sintraantumispistettä. Hiekan joukossa ei saa olla lietettä tai sen humuspitoisuus ei saa olla liian korkea, koska molemmat hidastavat sementin kovettumista. Hiekkojen raejakauman tulee olla melko kapea. Alle 0,2 mm raeluokat eivät ole suotavia. Bentoniitti antaa sementtihakalle jonkin verran tuorelujutta, mutta hidastaa kovettumista ja laskee saavutettavaa loppukovuutta. Siksi bentoniittihakkojen sekoittumista sementtihakkoihin tulee välttää.

Sementtihakkojen valmistuksessa sekoitetaan ensin hiekka ja sementti, johon lisätään muutaman minuutin kuluttua vesi ohuena nauhana. Veden lisäyksen jälkeen hiekkää sekoitetaan vielä 1 - 2 minuuttia. Hiekan penkkiaika on muutamia tunteja, esimerkiksi 2 - 5 tuntia riippuen siitä, onko sementtiin sekoitettu kovettumista nopeuttavia lisäaineita.

Tapulikaavaus

Pienten ja matalien kappaleiden suurtuotannossa voidaan kaavata useita muotteja päällekkäin siten, että kukin viipale muodostaa alemman kappaleen yläosan ja ylemmän alaosan ja kaikilla muoteilla on yhteinen kaatokanava. Menetelmästä käytetään nimeä tapulikaavaus. Koska muottien pintakovuuden tulee olla suuri, menetelmässä käytetään kylmänä kovettuvia hiekkaseoksia.



Kuva 3. Tapulikaavausmuotti.

Furaanipohjaisten järjestelmien ja Alphas-et-järjestelmän erot

Lähde: Nybergh Carl-Johan - "Alphas-et-menetelmä"

Furaanipohjaiset sideainejärjestelmät ovat maailmanlaajuisesti eniten käytettyjä fenolipohjaisiin järjestelmiin verrattuna. Furaanimenetelmän etu on, ettei furfuryylialkoholi (FA) ole sidoksissa öljyteollisuuteen, joten sillä ei ole öljyn hinnasta johtuvia voimakkaita hintaheilahteluita.

Furaanipohjaisten sideainejärjestelmien hyviä ominaisuuksia ovat muotin lujuus ja sitkeys sekä hiekan erinomainen elvytettävyyden. Menetelmän haittoja ovat vaikeudet mallin irrotuksessa ja työympäristöön liittyvät haitat. Furaanipohjaisilla järjestelmillä on taipumus syövyttää, liata ja kuluttaa herkästi mallin pintaa. Fenolipohjaisen Alphas-et-järjestelmän etuja ovat mallin irrotettavuus, erinomainen pinnanlaatu valuissa ja vähäinen kaasunmuodostus. Menetelmän haittoja ovat huonompi lujuus verrattuna furaanipohjaisiin sideaineisiin. Alphas-et ei myöskään ole yhtä hyvin elvytettävissä eikä se säily kovin pitkään. Alumiiniseosten valussa muotin tyhjennettävyyden voi muodostua ongelmaksi.

Mallin irrotus onnistuu Alphas-et-hiekasta erittäin helposti, vaikka kovettuminen olisi ehtinyt tapahtua loppuun asti. Muotti on jossain määrin elastinen, toisin kuin furaanipohjaisella sideaineella sidottu muotti. Malli, joka sopii Alphas-et-sideaineelle, ei välttämättä sovellu käytettäväksi furaanipohjaisella sideaineella sidottuun hiekkaan kaavattaessa. Furaanipohjaisilla järjestelmillä malli tulee irrottaa sopivalla hetkellä irrotusajan kuluessa. Muuten sitä voi olla vaikea saada enää irti.

Fenoli- ja furaanipohjaisilla hartseilla sidotuista hiekoista valmistettujen muottien hyvä tyhjennettävyyden perustuu siihen, että valumetallin mukanaan tuoma lämpö hajottaa sideaineen. Alumiiniseoksilla muotin lämpötila ei välttämättä nouse riittävän korkealle hajottamaan fenolipohjaista Alphas-et-sideainetta.

Alphas-et-sideaine on täysin rikitön eikä se sisällä juuri lainkaan vetyä tai typpeä. Tästä syystä Alphas-et sopii erinomaisesti pallografiittivaluraudan ja teräksen valuuun. Furaanipohjaisissa sideaineissa voidaan muiden komponenttien ohella käyttää ureaa. Urean suuri typpipitoisuus voi aiheuttaa kapillaarihuokosia teräsvalun yhteydessä, joten sen käytön tulee olla rajoitettua. Ureapitoiset hartsit kehittävät myös runsaasti kaasuja, koska niiden kuumenkestävyys on suhteellisen huono. Alphas-et-sideaineiden kaasunmuodostus on vähäistä. Alphas-et-sideaineella sidottu hiekka läpäisee kaasuja huonommin kuin furaanipohjaisilla sideaineilla sidottu hiekka, mutta kuten edellä mainittiin, Alphas-et ei kehittä merkittävästi kaasuja.

Molemmille järjestelmille on tärkeää, että hiekka on mahdollisimman pölytöntä ja kuivaa. Pöly tuo lisää hiekkapinta-alaa, jolle sideaineen tulee levittäytyä. Tämä aiheuttaa kasvavan sideainekulutuksen ja lisää kustannuksia. Alphas-et-sideaineen tapauksessa pölyn laadulla on myös suuri vaikutus kovettumiseen ja hiekan lujuusarvoihin. Hiekan "luontainen" pöly, sulankäsittelyssä ja valussa käytettävien aineiden pöly ja inertti pöly häiritsevät hiekan kovettumista ainoastaan siten, että hartsia ja kovetetta on lisättävä hieman enemmän. Hartsiin liukeneva pöly, esimerkiksi alkaaliset kalium- ja natriumsilikaatit, lyhentävät penkkiaikaa ja laskevat saavutettavia loppulujuuksia. Tämän vuoksi pölynpoisto sekä uudesta että valimossa kiertävästä hiekasta on ehdoton edellytys hyvien lujuusarvojen saavuttamiseksi. Näistä aineista johtuu myös Alphas-etin huonompi elvytettävyyden verrattuna furaanipohjaisilla sideaineilla sidottuihin hiekkoihin.

Alphas-et-sideainetta käytettäessä hiekan lämpötila vaikuttaa vähemmän kuin furaanipohjaisia sideaineita käytettäessä. Tavallista kylmemmän hiekan kanssa voidaan käyttää nopeammin kovettavaa esterityyppiä ja kuumen kanssa hitaammin kovettavaa esterityyppiä. Jos lämpötila nousee 10 asteella, tapahtuu furaanipohjaisten sideaineiden kovettuminen kaksi kertaa nopeammin. Olivinihiekkä sopii Alphas-et-sideainejärjestelmään, mutta furaanipohjaisilla järjestelmillä mineraalin käyttöä rajoittaa sen emäksisyys.

Alphaset-sideainejärjestelmällä sidottujen muottien ja keernojen peitostus voidaan tehdä heti mallin irrotuksen jälkeen. Peitostamiseen voi käyttää sekä vesi- että alkoholipohjaisia peitosteita. Myös furaanipohjaisilla sideainejärjestelmillä sidotut muotit ja keernat voi peitostaa sekä vesi- että alkoholipohjaisilla peitosteilla, mutta alkoholi vaikeuttaa hartsisidosten kehittymistä. Jotta peitostus voitaisiin tehdä heti kaavauksen tai keernanvalmistuksen jälkeen, on pyritty kehittämään alkoholi- peitosteita, jotka eivät liuota kovettumatonta hartsia. Furaanipohjaisten sideaineiden kovettumisen sivutuotteena muodostuu vettä, jonka poistumista tiivis peitostekerros vaikeuttaa. Alphaset-sideaineen kovettumisen sivutuotteena ei muodostu vettä, vaan alkoholia. Alphaset-sideaineella sidottu muotti voidaan kasata heti, mutta furaanipohjaisilla sideaineilla kasaus voidaan tehdä vasta kun kosteus on ehtinyt haihtua pois hiekasta.

Furaanihiekoilla lopullinen lujuus saavutetaan 24 tunnin kuluessa. Ilman kosteuden vaikutuksesta muottien ja keernojen lujuus alkaa laskea muutaman vuorokauden kuluttua, jos muottia varastoidaan.

Taulukko 1. Furaanipohjaisiin järjestelmiin ja Alphaset-järjestelmiin vaikuttavia ympäristötekijöitä.

Ominaisuus	Vaikutus
<p>Lämpötila</p> <ul style="list-style-type: none"> – hiekka – ilma – malli/kaavauskehys – hartsi 	<p>Vaikutus kovettumisaikaan. Lämpötilan laskiessa kovettuminen hidastuu ja lämpötilan noustessa kovettuminen nopeutuu. Jos lämpötila nousee 10 asteella, kovettuminen tapahtuu kaksi kertaa nopeammin. Ilman lämpötila vaikuttaa hiekan lämpötilaan. Kylmänä malli ja kaavauskehys voivat hidastaa kovettumista. Muotti voi jopa pudota pois kylmästä kaavauskehyksestä, koska se ei ole ehtinyt kovettua normaalissa ajassa. Jos isot kaavauskehukset varastoidaan ulkona, on ne tuotava talvella hyvissä ajoin sisälle lämpenemään.</p> <p>Vaikutus lujuuteen. Hartsin viskositeetti kasvaa voimakkaasti lämpötilan laskiessa. Ruuvisekoittimen pumppu ei ehdi lisätä hartsia tarpeeksi tietyssä ajassa.</p>
<p>Kosteus</p> <ul style="list-style-type: none"> – hiekka – ilma 	<p>Vaikutus kovettumisaikaan. Kosteaa hiekkaa hidastaa kovettumista. Ilman suuri kosteuspitoisuus vaikuttaa vastaavasti.</p> <p>Vaikutus lujuuteen. Kosteus laskee saavutettavia loppulujuuksia ja huonontaa hiekan juoksevuutta.</p>

<p>Kovetteen ja hartsin määrä</p>	<p>Vaikutus kovettumisaikaan. Happokovetteen lisääminen nopeuttaa kovettumista. Kovettumisaika riippuu myös hapon voimakkuudesta. Esterien tapauksessa kovettumisnopeuteen vaikutetaan esterityypillä, ei määrällä.</p> <p>Vaikutus lujuuteen. Liian suuri kovetemäärä pudottaa lujuutta. Hartsin määrää lisäämällä muotin tai keernan lujuus kasvaa lineaarisesti sideainepitoisuuksilla 1,5 – 1,75 %.</p>
<p>Hiekan epäpuhtaudet ja hienoaines, uuden ja elvytetyn hiekan suhde, elvytetyn hiekan laatu</p>	<p>Vaikutus kovettumisaikaan. Epäpuhtaudet alentavat hiekan tulenkestävyyttä ja lujuutta, Alphaset-sideainejärjestelmillä sidotuilla hiekoilla kierrossa rikastuvat silikaatit laskevat penkkiaikoja.</p> <p>Vaikutus lujuuteen. Liette ja pölypitoisuus lisäävät pinta-alaa, johon sideaineen tulee levittyä. Jos sideaineen määrää ei lisätä, lujuus laskee. Huonosti elvytetty hiekka laskee lujuuksia. Alphaset-kiertohiekkaan rikastuu aineita, jotka heikentävät lujuuksia.</p>
<p>Sekoituksen laatu</p>	<p>Vaikutus lujuuteen. Tehokas ja huolellinen sekoitus parantaa lujuuksia. Vastaavasti epätasainen sekoitus laskee lujuuksia.</p>
<p>Penkkiajan ylitys</p>	<p>Vaikutus lujuuteen. Jos hiekalla, jolla kovettumisreaktio on jo alkanut, yritetään kaavata, ei muotti kovetu enää kunnolla eikä siitä tule tarpeeksi luja.</p>
<p>Aika</p>	<p>Vaikutus lujuuteen. Erityisesti fenolipohjaisilla sideainejärjestelmillä sidotusta hiekasta kaavattujen muottien ja keernojen lujuus alkaa laskea muutaman vuorokauden kuluessa.</p>