

Tampereen Ammattikorkeakoulu, amk-tutkinto
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys
Jari Viidanoja

Opinnäytetyö

Toimintamalli valusuunnitelman, valumalliohjeen ja kaavausohjeen tekemiseen alihankkijalle

Työn ohjaaja Koulutuspäällikkö, DI Kaarlo Koivisto
Työn tilaaja Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry, valvojana Foundry
Technology Manager, DI Kim Laine
Tampere 3/2009

Tekijä	Jari Viidanoja
Työn nimi	Toimintamalli valusuunnitelman, valumalliohjeen ja kaavausohjeen tekemiseen alihankkijalle
Sivumäärä	35 + 19
Valmistumisaika	Maaliskuu 2009
Työn ohjaaja	Koulutuspäällikkö, DI Kaarlo Koivisto
Työn tilaaja	Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry, valvojana Foundry Technology Manager, DI Kim Laine

TIIVISTELMÄ

Metso Minerals Oy on tuotteistamassa uutta kivenmurskainmallia, jonka prototyyppien teräsvaluosat valetaan Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry –teräsvalimolla kevään 2009 aikana. Tulevaisuudessa teräsvaluosat tilataan alihankkijalta.

Aiempien alihankintayhteistyöstä saatujen kokemusten perusteella on havaittu, että alihankkijaa täytyy tulevaisuudessa ohjeistaa ja kontrolloida tarkemmin. Tarkemmalla ohjeistamisella pyritään nopeuttamaan sarjatuotannon käynnistämistä alihankkijalla ja parantamaan tuotteiden laatua heti tuotannon alkuvaiheessa. Täten vältetään hitaalta muutosprosessilta ja vähennetään ylimääräisiä kustannuksia aiheuttavien korjaustoimenpiteiden määrää.

Tässä työssä tehtiin uuden murskaimen teräsvaluosille omaan tuotantoon soveltuva valusuunnitelma, valumalliohje ja kaavausohje. Suunnitelmia ja ohjeita tehtäessä kerättiin tietoa siitä, kuinka alihankkijaa voidaan jatkossa ohjeistaa. Työn tavoitteena oli luoda toimintamalli alihankkijan ohjeistamiseen uusia teräsvalutuotteita tilattaessa. Toimintamalli luotiin, joten tätä työtä voidaan jatkossa hyödyntää alihankkijan valusuunnitelman, valumalliohjeen ja kaavausohjeen tekemiseen. Tässä kirjassa esitettyjen asioiden lisäksi työhön tehtiin luottamuksellinen liite, jossa on uuden toimintamallin mukainen valusuunnitelma, valumalliohje ja kaavausohje. Liite löytyy vain Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundryn kirjaversiosta.

Writer Jari Viidanoja
Thesis Making Pouring Plan, Pattern-making and Moulding Instructions for Subcontractor
Pages 35 + 19
Graduation time March 2009
Thesis Supervisor Head of training division, M.Sc. Kaarlo Koivisto
Co-operating company Metso Minerals Inc., Lokomo Steel Foundry, supervisor,
Foundry Technology Manager, M.Sc. Kim Laine

ABSTRACT

Metso Minerals Oy is productizing a new stone crusher model. Prototype steel castings for the crusher are manufactured at Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry during the spring 2009. In the future these castings will be outsourced.

Previous experiences of subcontractor work have proved that more detailed instructions must be given to subcontractors. More detailed instructions are made to precipitate the start of new product's mass production at subcontractors. Detailed instructions are also made to improve the quality of outsourced products from the start. This operations model also eases the process of pouring plan modifications and prevents repairing needs of the castings.

Pouring plan, pattern-making instructions and moulding instructions for the crushers' prototype castings were made at Metso. Information about giving instructions to subcontractors was gathered while making the pouring plan and other instructions. Goal of this thesis was to define guidelines on making instructions for subcontractors. This thesis can be used when making subcontractors' instructions in the future. A confidential appendix was made added to this thesis. Appendix can be found only from Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry's version of this thesis.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	5
2 Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry	6
2.1 Yrityksen historia.....	6
2.2 Tuotteet	6
3 Nykyinen alihankintayhteistyö	9
3.1 Tekninen auditointi ja kehityssuunnitelma.....	9
3.2 Valun suunnittelu ja suunnitelmien hyväksyntä.....	10
3.3 Nykyisen yhteistyön ongelmat	10
4 Uusi toimintamalli alihankintayhteistyöhön.....	11
4.1 Tekninen auditointi ja kehityssuunnitelma.....	12
4.2 Valun suunnittelu.....	13
5 Vaadittava ohjeistus alihankkijalle	13
5.1 Valusuunnitelma	14
5.2 Valumalliohjeet.....	17
5.2.1 Valumallin suunnittelu	17
5.2.2 Jakopinnan esittäminen	18
5.2.3 Mallin irto-osat.....	19
5.2.4 Valujärjestelmän huomiointi malliohjeessa	22
5.2.5 Mallipohjan rakenne.....	23
5.2.6 Keernalaatikoiden rakenne	24
5.3 Kaavausohjeet.....	25
5.3.1 Oman tuotannon kaavausohje	26
5.3.2 Alihankkijan kaavausohje	27
6 Uudella toimintamallilla saavutettavat hyödyt	31
7 Yhteenveto	33
Lähdeluettelo.....	34
Liitteet	35
Liite 1: Luottamuksellinen.....	35

1 Johdanto

Metso Minerals Oy on tuotteistamassa uutta kivenmurskainmallia, jonka prototyyppien teräsvaluosat valetaan Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry –teräsvalimolla kevään 2009 aikana. Myöhemmin kyseisten valujen sarjatuotanto tullaan siirtämään alihankkijoille. Metso Mineralsilla on törmätty usein laatuongelmiin alihankkijoilta tilattujen uusien teräsvalutuotteiden kanssa. Laatuongelmat ovat aiheuttaneet ylimääräisiä valmistuskustannuksia, koska sarjatuotannon käynnistyminen on viivästynyt ja tuotteille on jouduttu suorittamaan ylimääräisiä korjaustoimenpiteitä. Tämän vuoksi alihankkijoiden tarkempi kontrollointi ja työn ohjaaminen on havaittu tarpeelliseksi. Alihankkijoiden valusuunnitelmat ja valumallit on havaittu merkittävimiksi laatuongelmien lähteiksi.

On päätetty, että alihankittavien valujen valmistamisessa käytettävien valumallien tulee jatkossa olla Metson parhaan tietämyksen mukaisia. Tämän vuoksi alihankkijalle tulee luoda valusuunnitelma ja valumalliohje. Lisäksi valumallin käyttäminen kaavauksessa on ohjeistettava alihankkijalle. Näillä toimenpiteillä pyritään minimoimaan laatuvirheitä aiheuttavia työskentelytapoja ja nopeuttamaan tuotteen sarjatuotannon käynnistämistä alihankkijalla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä tietoa huomioon otettavista seikoista ohjeistettaessa alihankkijoita. Työn tavoitteena on kerättyä tietoa ja oman tuotannon työohjeita soveltamalla luoda toimintamalli, jonka avulla alihankkijoita voidaan jatkossa ohjeistaa. Ohjeistuksen tavoitteena on saada uusien teräsvalutuotteiden sarjatuotanto käyntiin alihankkijalla nopeammin halutulla laatutasolla.

Työssä esitetään esimerkkejä alihankkijan ohjeiden tekemiseen uudella toimintamallilla. Esimerkkien lisäksi työhön tehtiin luottamuksellinen liite, jossa on uuden toimintamallin mukainen valusuunnitelma, valumalliohje ja kaavausohje. Liite löytyy vain Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundryn kirjaversiosta.

2 Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry

Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry on pohjoismaiden suurin teräsvalimo. Yritys työllistää noin 260 henkilöä. Lokomo Steel Foundryn vuosittainen tuotanto on noin 12 000 tonnia. Valmistettavien tuotteiden pääpaino on vaativissa teräsvaluissa. Lokomo sijaitsee Hatanpäällä Tampereella ja sen asiakaskunta on maailmanlaajuinen.

2.1 Yrityksen historia

Yritys perustettiin vuonna 1915 nimellä Oy Lokomo Ab. Aluksi Lokomon toimintatavaksi oli kilpailla veturien toimittamisesta Valtion Rautateille. Koska pelkät veturityöt eivät riittäneet, uusia tuotteita alettiin valmistaa jo varhaisessa vaiheessa. 1920 - 1930 - luvuilla Lokomolla alettiin valmistaa muun muassa kuljetusvaunuja, laivan potkureita, murskaimia, tiehöyliä ja moottoritiejyriä. Talvisodan aikana siviilityöt vaihtuivat pääasiassa sotateollisiin töihin. Sodan jälkeen Lokomon tehtäväksi tuli toimittaa Neuvostoliitolle paljon erilaisia tuotteita sotakorvauksina. Sotakorvausvelvoitteiden vähentyessä Lokomolla ryhdyttiin kehittämään uusia tuoteryhmiä, ja toiminta kansainvälisillä markkinoilla lisääntyi huomattavasti. Vuonna 1968 viennin osuus liikevaihdosta oli jo 31 %. Fuusioituminen Rauma-Repola Oy:öön vuonna 1970 merkitsi uudistusten ajanjakson alkua. Valimoa laajennettiin, ja tuotanto kasvoi merkittävästi. Vuosien varrella Lokomon toimintaedellytyksiä parannettiin uusien tuoteryhmien myötä. Vuonna 1999 Repola Oy ja Valmet Oy sulautuivat toisiinsa, jolloin syntyi Metso Oy. Nykyään Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry on osa Metso konsernia. (Pyynikinlinna Oy, 2007)

2.2 Tuotteet

Lokomolla valmistettavat teräslajit on suunniteltu sovelluksiin joissa vaaditaan suurta lujuutta, korroosionkestävyyttä, lämmönkestoa tai kulumiskestävyyttä. Useissa sovelluksissa vaaditaan käytettävältä materiaalilta myös edellä mainittujen materiaaliominaisuuksien yhdistelmiä. Lokomolla valmistettaviin tuotteisiin kuuluvat vesivoimavalut, sellu- ja paperiteollisuuden valutuotteet, teollisuuden venttiilivalut, kelausrummut, laivojen potkurit ja kivenmurskauslaitteiden valuosat. (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)

Vesivoimavalujen tärkeimmät materiaaliominaisuudet ovat suuri lujuus, hitsattavuus ja korroosionkestävyys. Vesivoimavaluihin kuuluvat esimerkiksi erilaiset turbiinien siivet (Kuva 1). (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)



Kuva 1 Turbiinin siipi (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry, 2008)

Sellu- ja paperiteollisuuden valutuotteilta vaaditaan korkeaa korroosionkestävyyttä ja iskusitkeyttä. Koneiden suuret nopeudet vaativat materiaalilta myös hyvää väsymislujutta. (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)

Teollisten venttiilivalujen yleiset materiaalivaatimukset ovat korroosionkestävyys, sitkeys ja iskulujuus. Venttiilivaluja valmistetaan sellu- ja paperiteollisuuden lisäksi energia- ja prosessiteollisuuteen. (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)

Steckel-valssaamoiden kelausrummut (Kuva 2) vaativat erittäin suurta kuumuudenkestoa, sillä niiden käyttölämpötila voi kohota jopa 1000 °C lämpötilaan. (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)



Kuva 2 Kelausrumpu (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)

Potkureita ja impellereitä (Kuva 3) valmistetaan jäänmurtajiin, risteilijöihin ja nopeisiin lauttoihin. (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)



Kuva 3 Impelleri (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)

Kivenmurskauslaitteistoihin valmistettavat tuotteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, kulutusosiin ja rakenneosiin. Kulutusosat vaativat suurta kulutuskestävyyttä ja rakenneosat puolestaan väsymislujuutta. Kulutusosia ja rakenneosia valmistetaan Metso Mineralsin leuka- ja kartiomurskaimiin (Kuva 4). (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry, 2008)



Kuva 4 Kartiomurskain Nordberg GP300S (Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008)

3 Nykyinen alihankintayhteistyö

Tässä luvussa selitetään nykyisen alihankintayhteistyön tekninen toteutus ja sivuutetaan taloudelliset asiat.

3.1 Tekninen auditointi ja kehityssuunnitelma

Metson kansainvälisen hankintaorganisaation löydettyä laitteistoltaan ja tuotejakaumaltaan sopivan alihankkijavalimon käyvät Metson tekniset asiantuntijat suorittamassa valimolla teknisen auditoinnin. Auditoinnin perusteella tehdään arvio valimon edellytyksistä tuottaa Metson laatuvaatimusten mukaisia valutuotteita. Tämän arvion perusteella tehdään päätös yhteistyön aloittamisesta. Yhteistyön aloittamiselle voidaan asettaa ehdoksi toimenpiteitä, joiden suorittaminen on välttämätöntä. Jos toimenpiteet suoritetaan ja yhteistyö päätetään aloittaa, tehdään auditoinnin perusteella kehityssuunnitelma. Ali-

hankkijan tehtäväksi jää kehittää toimintaansa Metson tuella kehityssuunnitelman mukaisesti. Kehityssuunnitelman noudattaminen on yhteistyön edellytys, ja toimenpiteiden etenemistä arvioidaan säännöllisesti yhteisissä palavereissa. (Laine 2008)

3.2 Valusuunnittelu ja suunnitelmien hyväksyntä

Alihankkijan valusuunnittelijat tekevät omaan tuotantoprosessiinsa soveltuvan valusuunnitelman. Yleensä valusuunnitelma sisältää kappaleen työpiirustuksen päälle tehdyn suurpiirteisen valusuunnitelman (Kivi 2008). Tehty valusuunnitelma tarkastetaan Metsolla. Suunnitelmat joko hyväksytään tai niihin vaaditaan muutoksia. Pääsääntöisesti alihankkijan tekemiin suunnitelmiin on jouduttu vaatimaan muutoksia, ja tämä on aiheuttanut ylimääräistä kuormaa Metsolla. Usein alihankkija ei ole osannut suorittaa vaadittuja muutoksia kerralla, joten suunnitelmia on jouduttu tarkastamaan useaan otteeseen. (Laine 2008)

Kun valusuunnitelma on hyväksytty, annetaan alihankkijalle lupa aloittaa koe-erän valmistaminen. Koe-erä käydään vastaanottamassa alihankkijalta Metson toimesta. Vastaanotettujen valujen perusteella alihankkijalle ilmoitetaan tarvittavista muutoksista valmistusprosessin ja valumallien osalta. Hyväksytysti vastaanotetut valut lähetetään Metsolle koneistettavaksi. Koneistuksen jälkeen alihankkijalle annetaan lopullinen palaute valujen laatutasosta ja tarvittavista muutoksista. Tämän jälkeen alihankkija tekee suunnitelmiin tarvittavat muutokset. Muutetut suunnitelmat tarkastetaan jälleen Metsolla, minkä jälkeen alihankkija valmistaa seuraavan koe-erän tai aloittaa massatuotannon. (Laine 2008)

3.3 Nykyisen yhteistyön ongelmat

Nykyinen alihankintayhteistyön läpivieminen teknisestä auditoinnista sarjatuotannon aloittamiseen on kestänyt käytännössä noin kaksi vuotta. Tästä ajasta suuri osa on kulunut alihankkijan toimintatapojen ja prosessin kehittämiseen sekä valusuunnitelmien tarkastamiseen. Myös koe-erien välinen raskas muutosprosessi on usein lykännyt sarjatuotannon aloittamista. (Laine 2008)

On havaittu, että alihankkijoiden omien valusuunnitelmien ja valumallien käyttö on aiheuttanut merkittäviä laatuongelmia valutuotteissa. Laatuongelmien syynä ovat usein

olleet valumallitekniset seikat, kuten muotin valmistaminen usealla keernalla. (Laine 2008)

On myös törmätty tilanteisiin, joissa valumalli on valmistettu Metson parhaan tietämyksen mukaisesti, mutta alihankkija ei ole osannut käyttää valumallia oikein muotin valmistuksessa. Kuva 5 on esimerkki alihankkijan virheellisestä tavasta valmistaa muotti. Kuvasta voidaan havaita, että alihankkija on tehnyt kappaleen keskivaiheille tarpeettoman jakotason, josta aiheutui ylimääräistä puhdistustyötä ja kappaleen visuaalisen laadun heikentymistä. (Laine 2008)



Kuva 5 Virheellinen muotin valmistaminen (Laine, 2008)

4 Uusi toimintamalli alihankintayhteistyöhön

Uudella toimintamallilla pyritään vähentämään laatuvirheitä sekä nopeuttamaan sarjatuotannon aloittamista alihankkijalla. Pääpiirteittäin uusi toimintamalli perustuu siihen, että alihankkijoiksi valitaan ainoastaan sellaisia valimoita, joiden prosessi soveltuu Metson tapaan toimia ja valmistaa kappaleita. Valituille alihankkijoille toimitetaan kappaleita.

leiden valmistamisesta yksityiskohtaiset ohjeet, joiden perusteella alihankkija valmistaa tuotteet. (Laine 2008)

4.1 Tekninen auditointi ja kehityssuunnitelma

Uudessa toimintamallissa pyritään etsimään alihankkijoita jotka pystyvät valmistamaan tuotteita Metson valmistusperiaatteiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että alihankkijan tuotantoprosessi soveltuu Metson ohjeiden mukaiseen valukappaleiden valmistamiseen. Kun sopiva alihankkija on löydetty, käyvät Metson tekniset asiantuntijat suorittamassa alihankkijalla teknisen auditoinnin. (Laine 2008)

Myös uudessa toimintamallissa teknisen auditoinnin perusteella laaditaan kehityssuunnitelma. Tällä kehityssuunnitelmalla pyritään kehittämään alihankkijan tuotantoprosessia kokonaisvaltaisemmin sen sijaan, että pyrittäisiin vain teknisten yksityiskohtien kehittämiseen. Uuden toimintamallin mukainen kehityssuunnitelma voidaan jakaa kolmeen osaan:

1. Välittömästi suoritettavat kehitystoimenpiteet
2. Lyhyen ajanjakson aikana suoritettavat kehitystoimenpiteet
3. Pitkän ajanjakson aikana suoritettavat kehitystoimenpiteet

Välittömästi suoritettaviin kehitystoimenpiteisiin kuuluvat ne asiat, jotka estävät Metson toimintamallin käyttämisen tai vaaditun laatutason toteutumisen. Tällaisia asioita voivat olla esimerkiksi senkan lämmityksen puuttuminen tai lämpökäsittelyuunin manuaaliohjaus automatiikan ja piirturin sijaan. Käytännössä alihankkija on valmis aloittamaan Metson tuotteiden valmistamisen, kun välittömästi suoritettavat kehitystoimenpiteet on tehty. (Laine 2008)

Lyhyen ajanjakson kehitystoimenpiteisiin kuuluvat ne asiat, jotka eivät varsinaisesti estä Metson toimintamallin käyttämistä, mutta vaikuttavat heikentävästi tuotantoprosessiin. Näitä kehitystoimenpiteitä voidaan suorittaa sarjatuotannon käynnistyttyä. Hiekkajärjestelmän ja valulämpötilan huono kontrolli ja senkan puutteellinen esilämmitys ovat tyyppisiä lyhyen ajanjakson kehityskohteita. (Laine 2008)

Pitkän ajanjakson aikana suoritettavat kehitystoimenpiteet tehostavat alihankkijan tuotantoprosessin toimintaa. Nämä toimenpiteet suoritetaan, kun alihankkijan tuotantoprosessi toimii Metson periaatteiden mukaisesti, mutta prosessia voidaan tehostaa tai sen laatua voidaan parantaa Metson valimoissa käytössä olevilla tekniikoilla. Näitä kehitystoimenpiteitä ovat esimerkiksi valutuspeitostuksen käyttöönotto tai koneistuskapasiteetin rakentaminen. (Laine 2008)

4.2 Valun suunnittelu

Uusien tuotteiden prototyypivalut suunnitellaan Metsolla. Valun suunnittelun tuloksena syntyvät Metson tuotantoon soveltuvat valun suunnitelmat. Valun suunnitelmien virheettömyyttä tarkastellaan simulointien avulla. Suunnitelmien toimivuus varmistetaan prototyypivalujen yhteydessä, ja prototyypivalujen kaavaus dokumentoidaan. Dokumentoinnin avulla alihankkijalle tehdään kaavausohje. (Laine 2008)

Kun valujen tuotanto siirretään alihankkijalle, tehdään alihankkijalle prototyypivaluihin perustuvat yksityiskohtaiset valun suunnitelmat ja Metson laatudokumentointiin perustuva valumalliohje. Prototyypivalujen dokumentoinnin avulla alihankkijalle tehdään myös kaavausohje. (Laine 2008) Edellä mainittujen ohjeiden luominen on kuvattu tarkemmin tämän opinnäytetyön viidennessä luvussa.

Alihankkija valmistaa tuotteen koe-erän Metson ohjeita hyväksikäyttäen, jolloin alihankkijan suunnitteluvirheiden mahdollisuus on poistettu. Mikäli Metson ohjeistus on ollut riittävä ja alihankkija on pystynyt valmistamaan tuotteet ohjeiden avulla, on tuotannon käynnistyminen nopeutunut merkittävästi vanhaan toimintamalliin verrattuna, sillä valun suunnitelmien hyväksyntäkierrokset ovat käytännössä jääneet pois. Koe-erän valut käydään vastaanottamassa Metson toimesta, minkä jälkeen ne tarkastetaan ja koneistetaan Metsolla. Koneistuksen perusteella suunnitelmiin tehdään tarvittavat muutokset ja sarjatuotanto aloitetaan. (Laine 2008)

5 Vaadittava ohjeistus alihankkijalle

Useat alihankkijoilla valmistettavat valutuotteet kuuluvat tuoteperheeseen, joka koostuu samankaltaisista tuotteista useassa kokoluokassa.

Alihankkijalle tehtävästä valumalliohjeesta ei ole tarkoituksenmukaista tehdä mitasidonnaista, koska tuoteperheen eri kokoluokkien kappaleet ovat pääsääntöisesti hyvin samankaltaisia. Tällöin valumallien rakennekin on hyvin samankaltainen, ja eri kokoluokkien valumallit voidaan valmistaa yhden malliohjeen perusteella. Muita syitä mitasidonnaisuuden välttämiseen malliohjeessa ovat valimokohtaisten hiekka- ja si-deainejärjestelmien eroavaisuudet. Nämä seikat vaikuttavat merkittävästi valumallin mitoittamiseen. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi alihankkijan tulee suorittaa mitoittaminen erikseen kullekin tuoteperheen valumallille asiakkaalta saatujen valupiirustusten ja yhden periaatteellisen malliohjeen perusteella.

Valusuunnitelma tulee tehdä alihankkijan käyttöön kullekin kappaleelle erikseen, jotta välttyään alihankkijan perustavanlaatuisilta suunnitteluvirheiltä. Valujärjestelmän komponenttien mitoittaminen tulee suorittaa alihankkijalle yksityiskohtaiseksi. Mitoittamisen lisäksi valusuunnitelmaan tulee liittää tiedot käytettävien valujärjestelmän komponenttien tärkeimmistä ominaisuuksista.

5.1 Valusuunnitelma

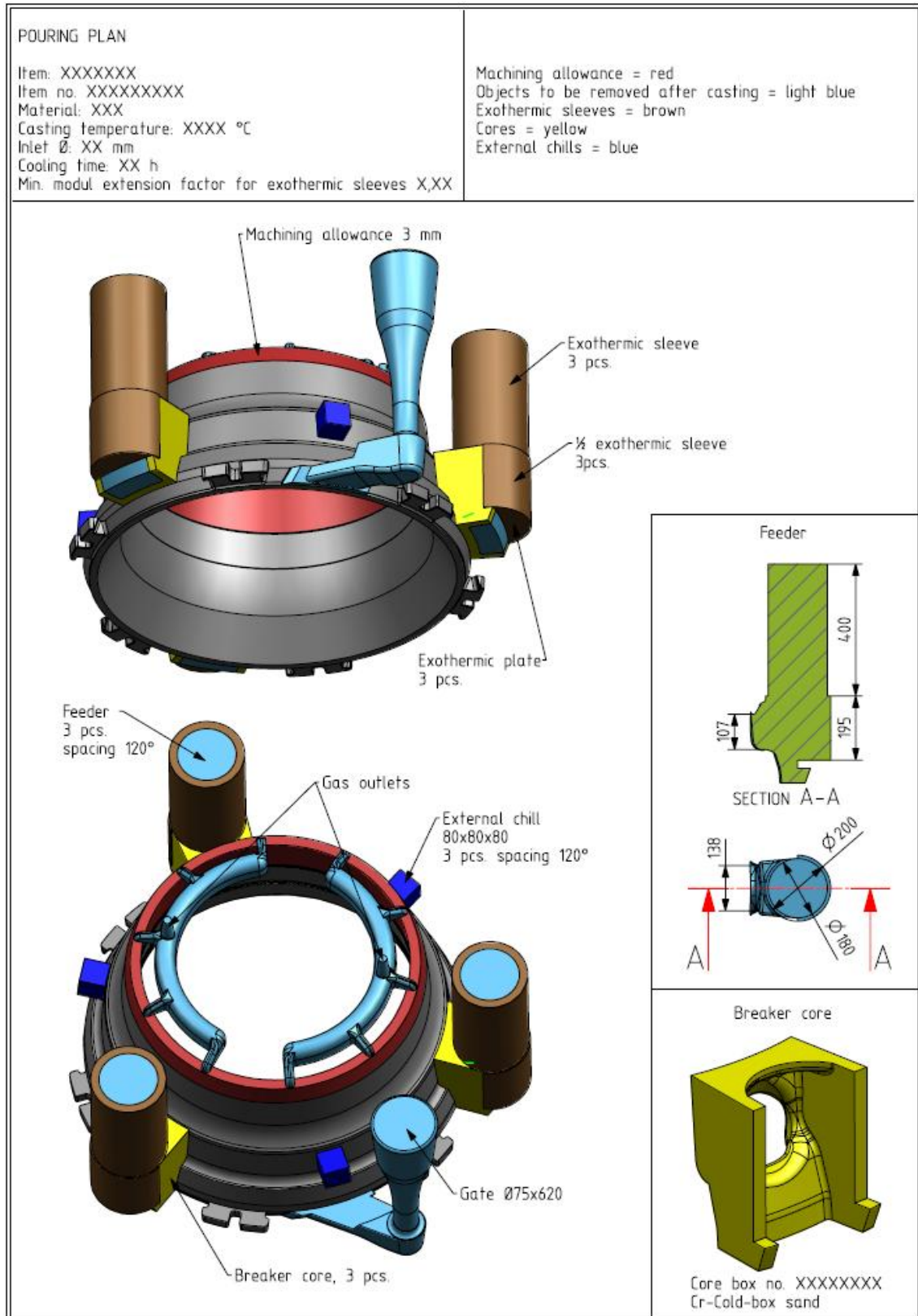
Valusuunnittelun perustana on asiakkaalta saatu piirustus valettavasta kappaleesta. Nykyisin piirustuksen lisäksi asiakkaalta saadaan pääsääntöisesti myös kappaleen 3d-geometria, joka nopeuttaa suunnittelutyötä huomattavasti. Asiakkaalta saatujen piirustusten ja laatuvaatimusten perusteella joudutaan kappaleen geometriaa lähes poikkeuksetta muuttamaan valuprosessiin paremmin soveltuvaksi. Yleisimpiä tarvittavia geometriamuutoksia ovat päästökulmien ja pyörityksien lisääminen tai suurentaminen, pienten reikien poistaminen ja työstövarojen lisääminen. Näiden muutosten tekemiseen vaaditaan asiakkaan hyväksyntä. Asiakkaan tulee tehdä hyväksytyt muutokset omiin piirustuksiinsa, jotta tieto muutoksista päättyy tulevaisuudessa alihankkijalle.

Alihankkijalle tehdään valusuunnitelma, jossa esitetään seuraavat asiat:

- kappaleen perustiedot
 - nimiketiedot
 - materiaali
 - valulämpötila
 - suutiilen halkaisija
 - jäähtymisaika

- käytettyjen värikoodien selitykset
- valuasento
- syötöt/eristeholkit
 - päämitat
 - sijainnit
 - eristeholkin moduulinkasvatuskertoimen minimiarvo
- jäähdytyskokillit
 - mitat
 - sijainnit
- kanavisto
 - rakenne
 - halkaisijamitta
- keernat
 - sijainti
 - hiekka
 - keernalaatikoiden piirustusnumerot
- koneistettavien pintojen työvarat
- kaasunpoisto.

Valusuunnitelma esitetään isometrisinä kuvantoina, joiden perusteella alihankkija voi yksiselitteisesti nähdä kappaleen valuasennon ja miten eri valujärjestelmän komponentit sijoittuvat valettavaan kappaleeseen nähden. Valujärjestelmän osat tulee merkitä värikoodein, jotta kuvasta saadaan mahdollisimman havainnollinen. Värikoodien avulla voidaan helposti nähdä puhdistusvaiheessa poistettavat valujärjestelmän osat ja kappaleen työvaralliset pinnat. Värikoodien selitykset tulee liittää valusuunnitelmaan. Valujärjestelmän komponenttien päämitat ja selitykset tulee myös liittää valusuunnitelmaan. Kuva 6 on esimerkkinä alihankkijalle tehtävästä valusuunnitelmasta.



Kuva 6 Esimerkki valusuunnitelmasta

5.2 Valumalliohjeet

Valumalliohjeiden tarkoituksena on kappaleen työpiirustuksen ohella antaa mallin valmistajalle tieto siitä, minkälaisiin ratkaisuihin valumallin valmistamisessa on päädytty. Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundryn laatudokumentaatioissa on esitetty valumallin valmistukseen liittyvät laadulliset määreet. Laatudokumentaatioon on syytä tutustua ennen valumallin suunnittelua.

Tämän työn kappaleessa 5.2.1 on esitetty yleisiä asioita, jotka liittyvät valumallin suunnitteluun. Kappaleissa 5.2.2 – 5.2.6 kuvataan alihankkijan malliohjeessa esitettävät asiat ja annetaan esimerkkejä siitä, kuinka asiat voidaan periaatteellisesti esittää.

On syytä huomioida että valumalliohjeet ovat erittäin periaatteellisia, joten niistä ilmevät vain tarpeelliset asiat. Samalla ohjeella tulee pystyä suunnittelemaan yhden tuoteperheen kaikkien kokoluokkien valumallit. Tämän vuoksi mitoitusta ei voida suorittaa. Alihankkija suorittaa tarvittavan mitoittamisen asiakkaalta saatujen valupiirustusten perusteella.

5.2.1 Valumallin suunnittelu

Kappaleen jakopinta tulisi yleisesti määrittää jo kappaleen suunnittelun yhteydessä. Monesti asiakas jättää asian valun suunnittelijan tehtäväksi. Kappaleen geometria voi myös sallia jakopinnan sijoittamisen usealla tavalla. Tällöin jakopinta määritetään käytettävän kaavausmenetelmän ja valimon teknisten varusteiden perusteella. Yleisesti valumalli tulisi pyrkiä valmistamaan yhdellä suoralla jakopinnalla kaavauksen helpottamiseksi. Yhden jakopinnan käyttöä suositellaan, koska jakopinnalle muodostuu usein niin sanottua jakopinnan siirtymävirhettä. Jakopinnan valinnassa tulee lisäksi huomioida, että keernojen asettaminen muottiin on helppoa. (Autere, Ingman & Tennilä 1986, s. 23)

Kappaleen luonnollisia päästöjä on käytettävä hyväksi mahdollisuuksien mukaan. Vastapäästölliset muodot voidaan tehdä irto-osien ja keernojen avulla. Irto-osat ja keernat aiheuttavat poikkeuksetta lisäkustannuksia mallin valmistuksessa, joten niiden turhaa käyttöä tulee välttää. Vähäisillä keernoilla päästään myös mittatarkkaan ja kaavauksen kannalta yksinkertaiseen ratkaisuun. (Autere, Ingman & Tennilä 1986, s. 23)

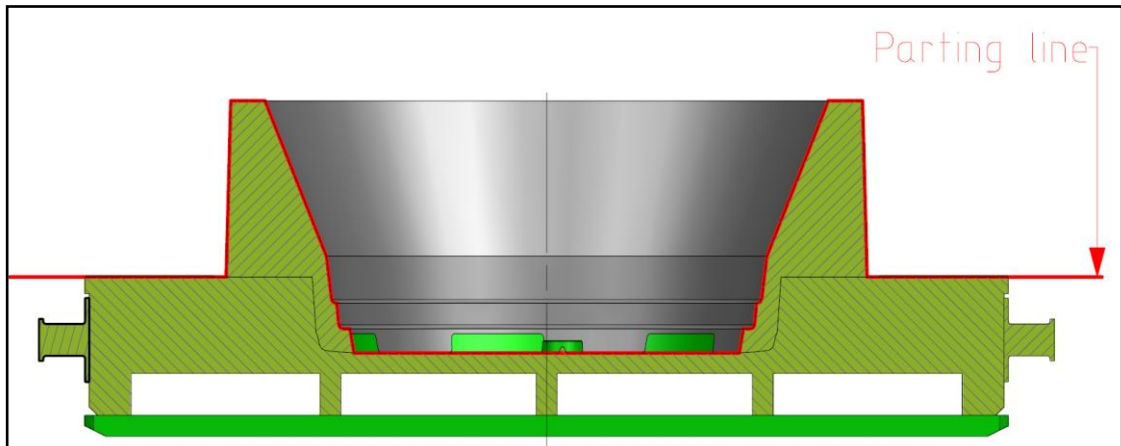
Mallisuunnittelussa tulee ottaa huomioon valamisen ja syöttämisen helppous sekä kappaleen puhdistettavuus. Pinnanlaadultaan tärkeät työstettävät pinnat tulee sijoittaa alapäin, sillä valutapahtumassa syntyvät pintavirheet sijoittuvat yleensä kappaleen yläpintoihin. Yläpintoihin muodostuvat pintavirheet johtuvat yleensä siitä, että muotista irtoavat epäpuhtaudet, valutapahtumassa syntyvät kaasut ja kuona nousevat sulan mukana kappaleen yläosaan. Valutapahtumassa muodostuvien palokaasujen ulosjohtaminen muotista tulee myös ottaa huomioon mallia suunniteltaessa. (Autere, Ingman, & Tennilä 1986, s. 23)

Jotta kaavausvaihe saataisiin mahdollisimman yksinkertaiseksi, suositetaan mallin osien kiinnittämistä omiin mallipohjiinsa. Pohjitetuilla malleilla muotin jakopinta muodostuu tarkasti ilman erillisiä työvaiheita. Ollessaan omilla pohjillaan mallin osat eivät ole myöskään sidoksissa toisiinsa. Tällöin muotin osien kaavaaminen voidaan suorittaa riippumatta muista muotin osista. (Beeley 2001, s. 451) Mallipohjaan voidaan myös tehdä valmiiksi ohjaustupit, joiden avulla muotin sulkemiseen tarvittava ohjaus muodostuu mittatarkasti ilman erillisiä kaavauksen työvaiheita.

Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundryn laatudokumentaatioissa on selvitetty tarkemmin mallinvalmistuksen yksityiskohdat joita tulee käyttää hyväksi mallisuunnittelussa. Kun malli on suunniteltu laatudokumentaation mukaisesti, tehdään alihankkijalle malliohjeet.

5.2.2 Jakopinnan esittäminen

Malliohjeessa tulee esittää mallista tarvittava määrä kuvantoja, jotta jakopinta voidaan esittää yksiselitteisesti. Jakopinta voidaan esimerkiksi piirtää kuvantoon huomioväriä käyttäen. Kuva 7 on esimerkki jakopinnan esittämisestä malliohjeessa.



Kuva 7 Jakopinnan esittäminen malliohjeessa

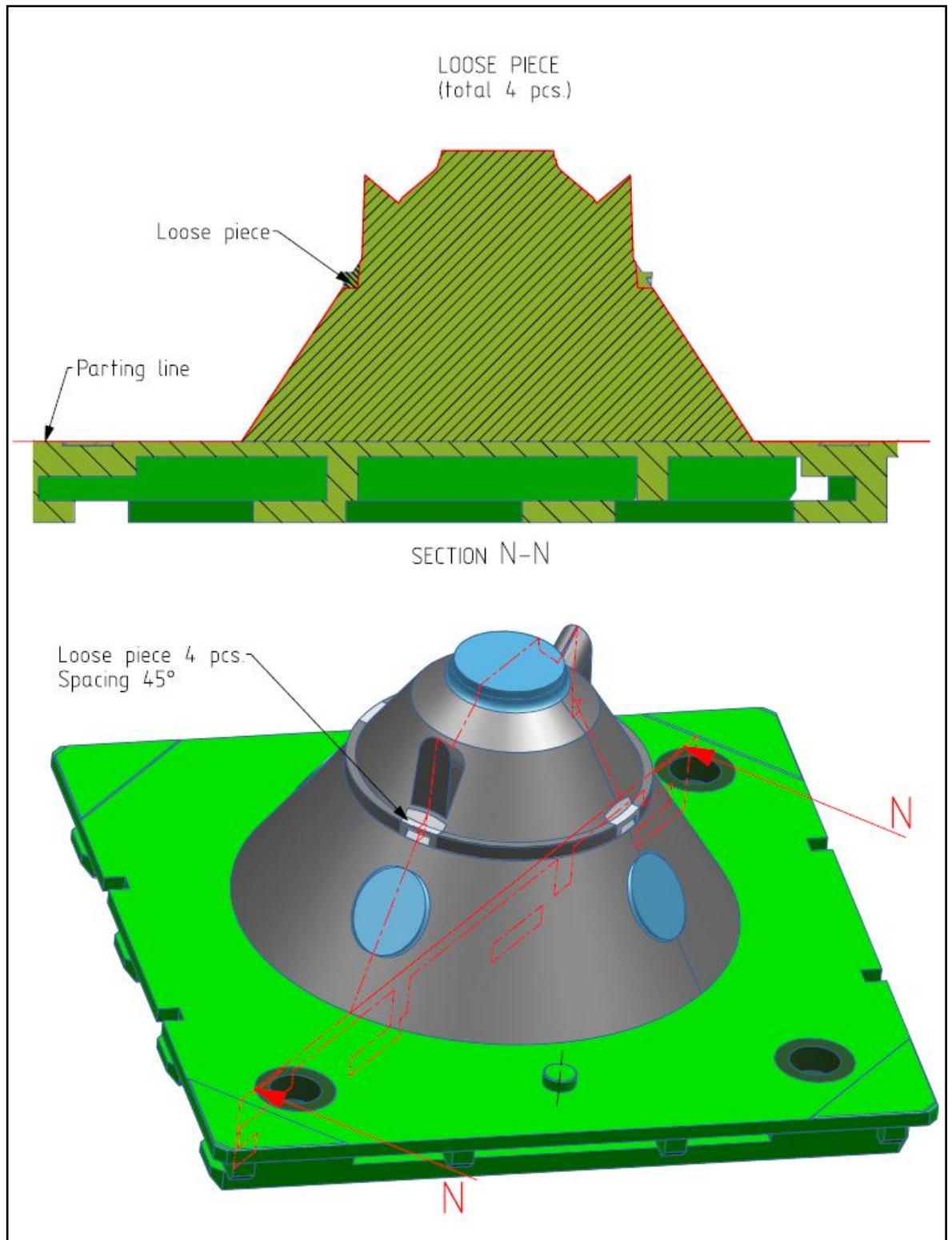
Jakopinnan esittämisellä malliohjeessa pyritään varmistamaan, että alihankkijalle ei jää mahdollisuutta ymmärtää valumallin toimintaperiaatetta väärin.

5.2.3 Mallin irto-osat

Pienten vastapäästöllisten muotojen toteuttamisessa tulee pyrkiä pääsääntöisesti käyttämään irto-osia, mikäli mahdollista. Irto-osat ovat yleensä halvempia toteuttaa kuin erillisen keernalaatikon valmistaminen. Lisäksi keernattomalla mallilla kaavaaminen on tehokkaampaa. Keernaton malli on myös mittatarkkuudeltaan parempi, sillä keernat joudutaan aina lisäämään muottiin jälkikäteen. Keernojen lisääminen muottiin vie aikaa ja on toistettavuuden kannalta epätarkka toimenpide. Lisäksi muotin käsittely keernojen lisäämisen jälkeen voi aiheuttaa keernojen liikkumista. Irto-osilla tehdyssä muotissa ei ole liikkuvia osia, jolloin edellä mainittuja ongelmia ei synny.

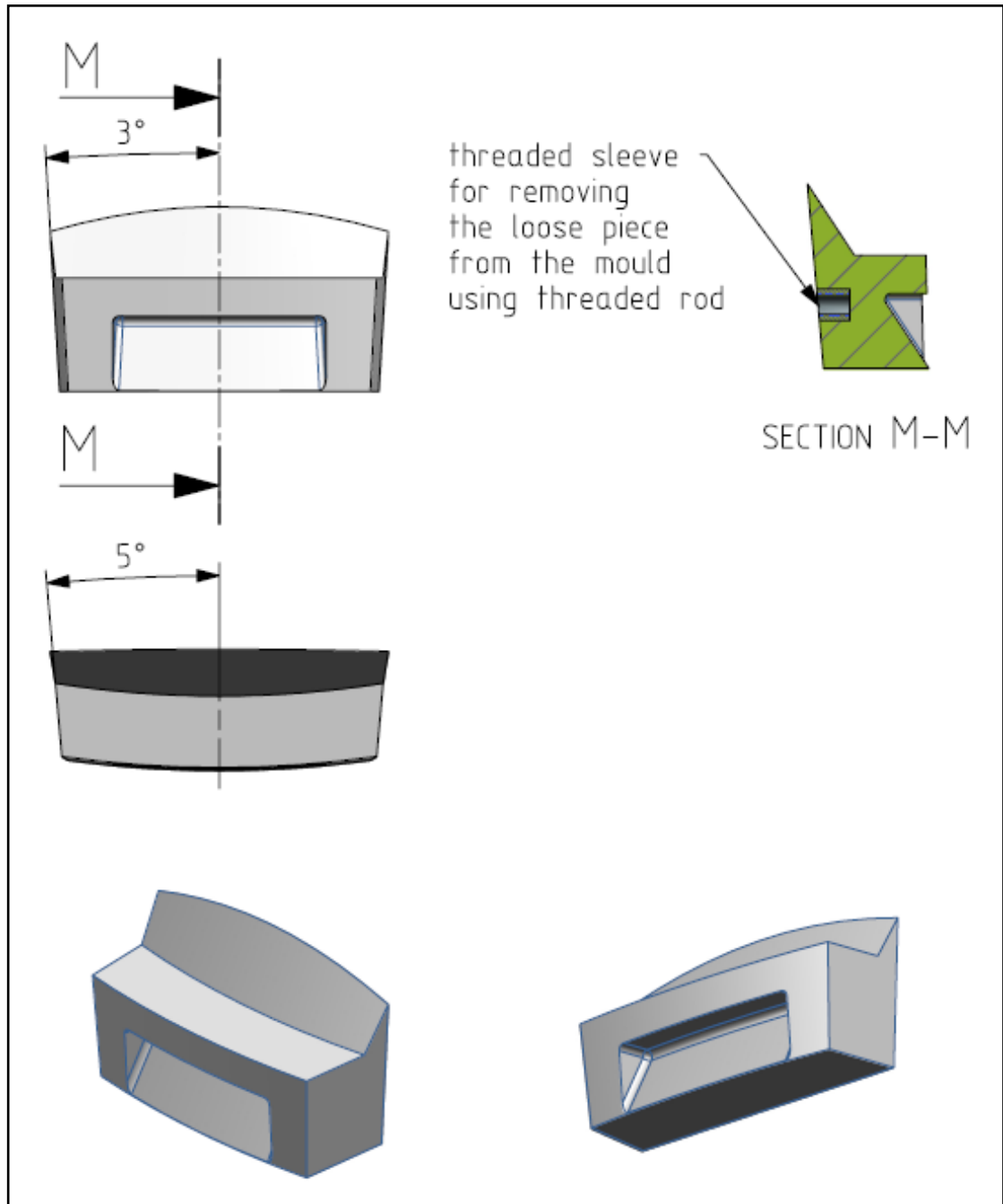
Irrottaessa mallia muotista tulee irto-osan irrota mallista ongelmitta. Irto-osan irtoaminen mallista toteutetaan päästökulmilla. Irto-osa jää kiinni muottiin, joten sen irrottaminen muotista tulee myös huomioida päästökulmilla. Irto-osan irrottamista muotista voidaan helpottaa kiinnittämällä sen muotin vastaiseen seinämään esimerkiksi kierreholkki. Irto-osa voidaan tällöin irrottaa helposti kierretangon avulla. Edellä mainitulla kierreholkkiratkaisulla pyritään myös pidentämään irto-osan käyttöikä.

Irto-osista edellä mainitut seikat tulee esittää malliohjeessa, jotta mallinvalmistaja saa käsityksen irto-osan toiminnasta. Kuva 8 on esimerkki irto-osan merkitsemisestä malliohjeeseen.



Kuva 8 Irto-osa malliohjeessa

Lisäksi irto-osista tulee esittää malliohjeessa niiden periaatteellinen geometria tarvittavana määränä kuvantoja. Kuva 9 on esimerkkinä edellä esitetyn irto-osan periaatteellisesta geometriasta ja sen kierreholkkiratkaisusta.

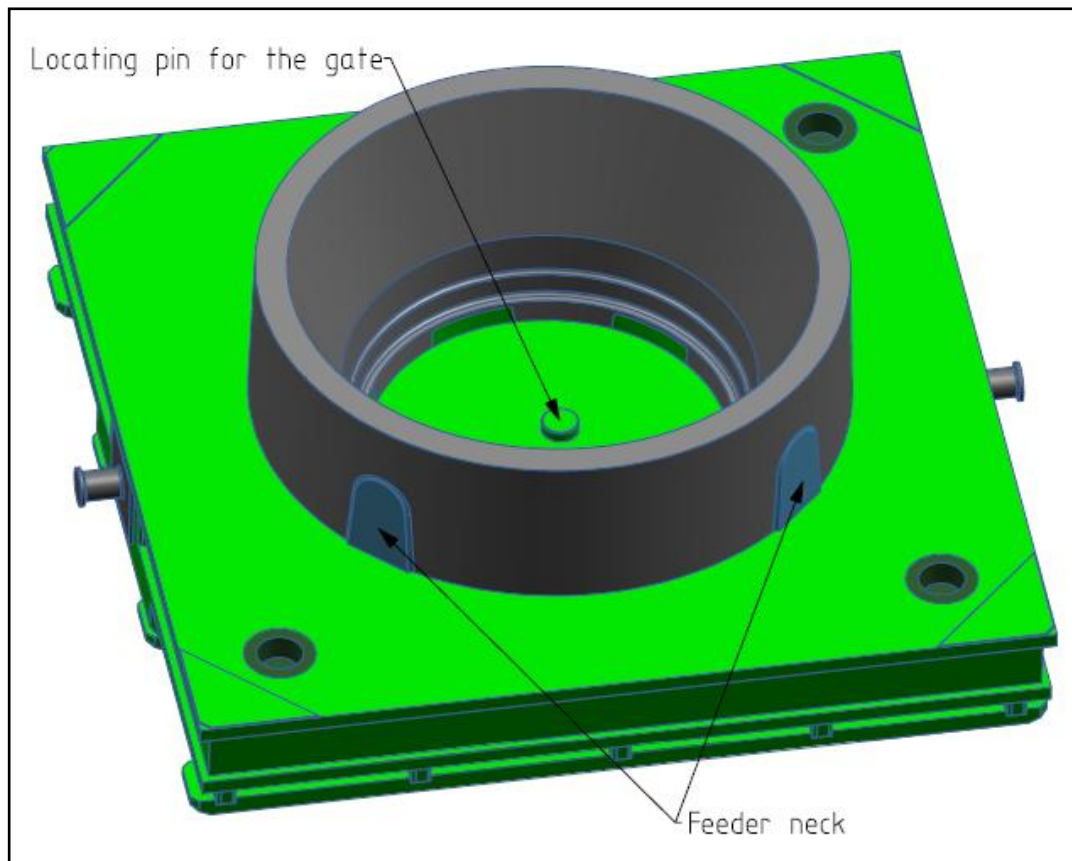


Kuva 9 Irto-osan periaatteellinen geometria

5.2.4 Valujärjestelmän huomiointi malliohjeessa

Valukanavisto muodostetaan pääsääntöisesti tiiliputkilla. Jotta tiiliputket saadaan asetettua vaivatta oikealle paikalleen, tulee molempien mallien jakopinnalle sijoittaa ohjaustupi toisiaan vastaaville kohdille. Lisäksi tiiliputkien kiinnittäminen malliin tulee huomioida tilanteeseen sopivilla ohjaustupeilla.

Usein myös syöttöjärjestelmä vaatii geometrialisäyksiä malliin. Syöttöjen aluset, kaulat ja eristeholkkien paikoilleen sijoittamista helpottavat muodot mainitaan erikseen malliohjeessa ja merkitään huomiovärillä. Kuva 10 on esimerkki kanaviston ohjaustupin ja syötön kaulan merkitsemisestä malliohjeeseen. Syötön kaula on merkitty värikoodilla, koska se on puhdistusvaiheessa poistettava geometrialisäys kappaleen pinnalla.



Kuva 10 Kanaviston ohjaustupi ja syötön kaulat

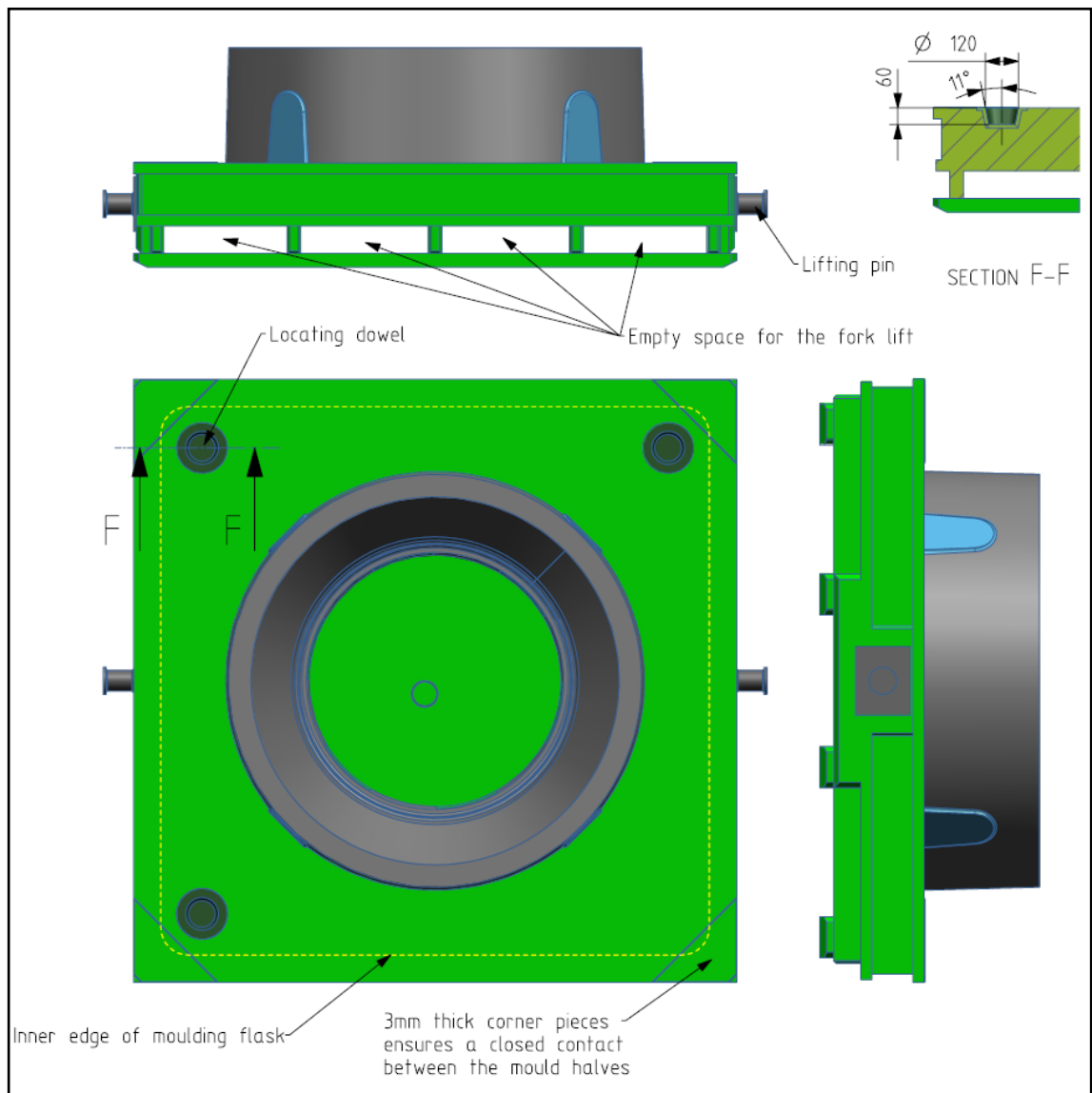
5.2.5 Mallipohjan rakenne

Mallipohjassa tulee olla ohjaustupit, joiden avulla muotin puoliskot kohdistetaan tarkasti vastakkain. Tupien avulla varmistetaan myös, että muottia suljettaessa muotin puoliskot ovat oikeassa asennossa toisiinsa nähden. Tämän vuoksi pohjassa käytetään kolmea tupia. Tupit pyritään sijoittamaan mallipohjan kulmiin, jotta välyksien haittavaikutus vähenee. (Pohjalainen 1997, s. 66)

Mallipohjan kulmiin sijoitetaan kulmapalat, joiden tarkoituksena on nostaa muotin pinta kaavauskehän reunojen yläpuolelle. Tällä pyritään pääsemään eroon kaavauskehän valmistamisvaiheessa ja käytössä syntyneistä ja tasomaisista epätarkkuuksista. Toisin sanoen muottien pinnat saadaan täten tasaisiksi ja muotin puoliskot kiinnittyvät toisiinsa tiiviisti. Kulmapalojen toimintaperiaatteen selvittämiseksi on ohjeeseen hyvä piirtää kaavauskehän sisäreunaa kuvaava viiva, joka kulkee kulmapalojen yli.

Mallin tulee olla myös helposti liikuteltavissa. Tämän vuoksi malliohjeessa tulee esittää nostotappien sijainti ja haarukkatrukin piikeille jätettävä tila. Koska mallin koko vaikuttaa olennaisesti nostotappien mitoittamiseen, jätetään mitoittaminen alihankkijan tehtäväksi. Pohjan rakenteen mitoittamisperiaatteen voi tarkistaa Lokomon laatudokumentaatista.

Pääasiallisesti malli pyritään asettamaan keskelle mallipohjaa. Tämä helpottaa mallin ja muotin nostamista. Kappaleen muodosta tai valujärjestelmästä johtuen tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Jos malli ei ole sijoitettuna symmetrisesti mallipohjaan nähden, se tulee ilmoittaa malliohjeessa. Kuva 11 on esimerkki mallipohjan rakenteen merkitsemisestä malliohjeeseen.



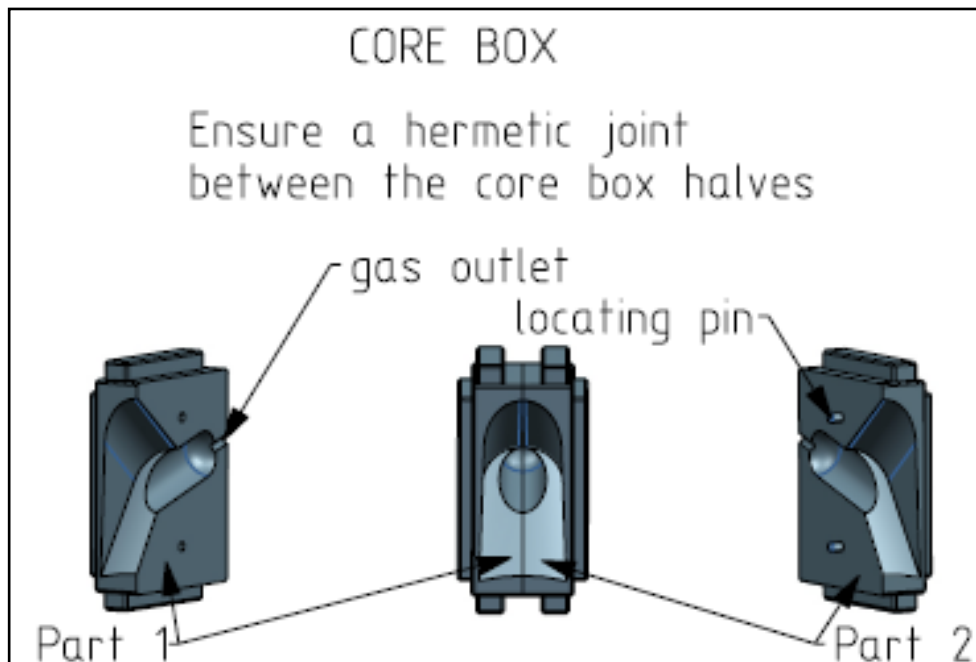
Kuva 11: Mallipohjan rakenne

5.2.6 Keernalaatikoiden rakenne

Keernalaatikon rakennetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon laatikon huolellinen tuenta. Laatikon tulee kestää kääntämistä täytettynä, joten kääntövarusteiden kiinnittäminen paikoilleen tulee pystyä suorittamaan työturvallisesti. Suurten ja raskaiden keernojen laatikot täytyy pystyä purkamaan pois osina keernan ympäriltä keernan roikkues-
sa nostolaitteesta. (Rantanen 2003) Alihankkijan malliohjeessa tulee esittää keernalaatikon rakenne. Keernalaatikon osat tulee esittää ohjeessa irtonaisina sekä toisiinsa kiinnitettyinä.

Cold-box –menetelmällä valmistettavien keernojen valmistuksessa käytettävät tykki-keernalaatikat ovat todella vaativia keernalaatikoita. Jakopinnan tulee olla suora ja il-

maa läpäisemätön, koska keernalaatikkoon ammutaan ilmanpaineen avulla hiekkaseos, joka tämän jälkeen kovetetaan kaasulla. Sekä ilman että kaasun johtaminen pois laatikosta tulee huomioida laatikon suunnittelussa. (Rantanen 2003) Myös alihankkijan malliohjeeseen tulee liittää maininta keernalaatikon kaasunpoistokanavista. Ohjeessa tulee mainita myös laatikon ohjaustupeista. Kuva 12 on esimerkki tykkikeernalaatikon rakenteen esittämisestä malliohjeessa.



Kuva 12 Tykkikeernalaatikon periaatteellinen rakenne

5.3 Kaavausohjeet

Vaikka valumalli olisi suunniteltu ja valmistettu hyvin, on alihankkija syytä ohjeistaa valumallin käyttöön. Vierailut alihankkijoilla ovat osoittaneet, ettei mallia ole osattu aina käyttää oikein. Usein muotti on valmistettu lukuisilla keernoilla tai muottiin on tehty turhia jakopintoja. Koska jakopinnan siirtymävirhe on yleisin valimossa esiintyvä virhe, tulee turhien jakopintoja tekemistä välttää. Lukuisten keernojen asettaminen muottiin on työlästä, ja tarvittavan mittatarkkuuden saavuttaminen on hankalaa. Kaavausohjeen tavoitteena on ehkäistä virheellinen valumallin käyttö ja varmistaa valmistettavan muotin korkea laatu.

5.3.1 Oman tuotannon kaavausohje

Oman tuotannon kaavausohjeena käytetään valusuunnitelmaa ja sen liitteitä, joissa on esitetty valumalli ja sen irt-osat isometristen kuvantojen avulla. Oman tuotannon työohjeessa tulee Lokomon laatudokumentaation mukaan esittää seuraavat asiat:

Muotin kaavaus

- mallitiedot
- kaavauskehät
- kaavaushiekan laatu/kromiittihiekan käyttö, määrä, paikat
- muotin kuivausaika ja -lämpötila
- peitosteet
- jäähdytysraudat
- kanavistot, sisäänmenot
- syöttökuvut, koot, eristeholkit/-tiilet
- koesauvojen laatu ja sijainti
- valulämpötila, teräskoodi
- jäähdytysaika
- tarvittaessa nostotappien määrä ja paikka

Keernan valmistus

- keernahiekan laatu/kromiittihiekan käyttö, määrä, paikat
- jäähdytysraudat
- tukiraudoitus
- peitosteet
- kuivumisaika ennen valua
- keernojen tilavuus
- nostolenkkien määrä ja suunta
- syöttötekniset eristemateriaalit
- valukanavistot. (Rytky 2003)

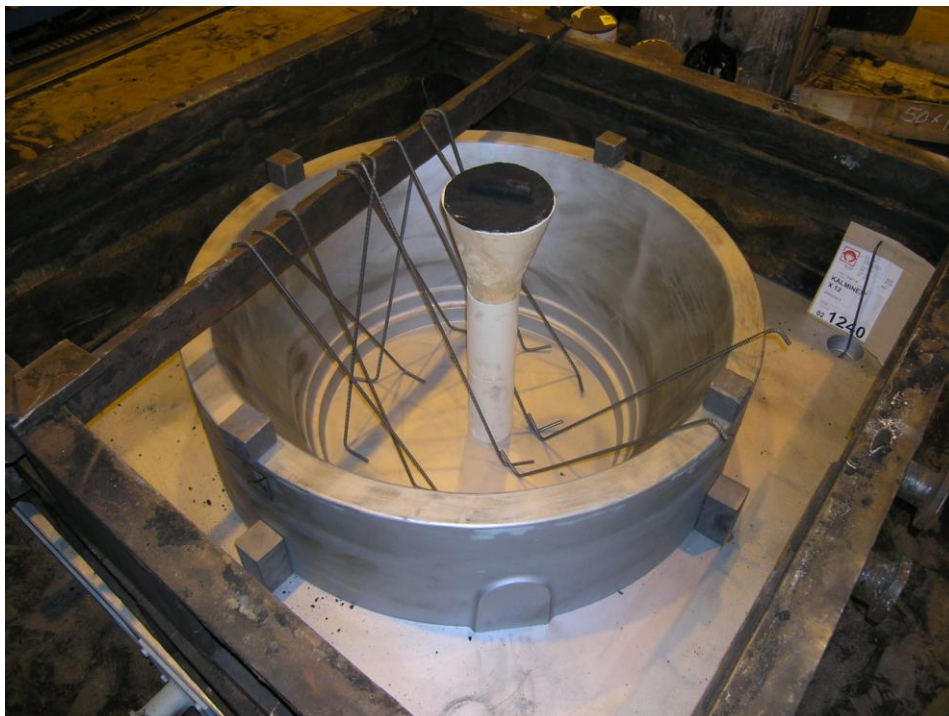
Usein kaikkea edellä mainittua ei ole tarvinnut oman tuotannon työohjeeseen liittää, sillä valujärjestelmässä käytettävät komponentit ovat kaavaajille tuttuja. Lisäksi oman tuo-

tannon vakiintuneet työtavat ja ammattitaito riittävät kaavauksen vaiheistamiseen, jolloin laadukas muotti valmistuu myös tehokkaasti.

5.3.2 Alihankkijan kaavausohje

Koska valmistettavat kappaleet eivät ole alihankkijalle tuttuja ja alihankkijan ammattitaito kaavauksessa on osoittautunut toisinaan puutteelliseksi, tulee kaavausohjeessa esittää kaavauksen kulku vaiheittain. Kaavaus voidaan esittää havainnollisesti valokuvien ja tekstin avulla. Tehokas tapa alihankkijan kaavausohjeen luomiseen on dokumentoida kaavaus oman tuotannon kaavatessa prototyyppien valuosien muotteja. Mikäli kaavausprosessiin liittyy monimutkaisten tai isojen keernojen valmistamista, on syytä myös niiden valmistaminen dokumentoida. Alle on listattu työvaiheet, jotka kaavausohjeeseen tulee liittää. Listaan on liitetty esimerkkejä siitä, kuinka eri vaiheita voi esittää valokuvien avulla. Ohjeeseen liitettävät työvaiheet tulee selittää sekä kuvien että tekstin avulla. Valokuvien avulla voi esittää seuraavia työvaiheita:

- kehien asettaminen pohjalle ja kiinnittäminen toisiinsa
- ennen täyttämistä lisättävien valujärjestelmän komponenttien asettaminen muottiin (Kuva 13)
- ohjaustupien vahvistaminen raudoilla (Kuva 13)



Kuva 13 Muotti ennen täyttövaihetta

- täyttövaiheessa lisättävien valujärjestelmän komponenttien asettaminen paikoilleen (Kuva 14, Kuva 15)



Kuva 14 Eristeholkin asettaminen paikoilleen



Kuva 15 Hiekan tiivistäminen eristeholkin ympärille

- kaasunpoistokanavien tekeminen (Kuva 16)



Kuva 16 Ilmapinnojen asettaminen muottiin

- lisäkehien tai pohjan asettaminen paikoilleen ja kiinnittäminen muihin kehiin (Kuva 17, Kuva 18)



Kuva 17 Ylimmän kehän asettaminen paikoilleen



Kuva 18 Kehien kiinnittäminen toisiinsa

- mallin irrottaminen muotista (Kuva 19)



Kuva 19 Mallin irrottaminen muotista

- irto-osien irrottaminen muotista ja kiinnittäminen takaisin malliin
- keernojen valmistaminen (vaiheittain)
- keernojen peitostaminen

- muotin osien ja keernojen peitostaminen (Kuva 20)



Kuva 20 Muotin peitostaminen valuttamalla

- keernojen paikalleen asettaminen
- ylä- ja alaosan muottien kiinnittäminen toisiinsa sekä epäpuhtauksien sisään-
pääsyn estäminen valmiiseen muottiin.

6 Uudella toimintamallilla saavutettavat hyödyt

Metsolla tehdyn valusuunnitelman toimivuus on varmistettu niin simulointien kuin Metson omassa valimossa valettujen prototyyppikappaleiden avulla. Hyvällä valusuunnitelmalla on siis varmistettu kappaleen korkea laatuaste jo prototyyppivalujen yhteydessä. Prototyyppivalujen perusteella alihankkijalle luotu yksityiskohtainen valusuunnitelma, valumalliohje ja kaavausohje poistavat sekä alihankkijan suunnitelmien tarkastamisen tarpeen että alihankkijan mahdollisuuden tehdä suunnitteluvirheitä. Hyvällä valusuunnitelmalla varmistetaan alihankkijan koe-erän valujen onnistuminen ja vähennetään täten tarvittavien korjaustoimenpiteiden määrää.

Hyvät valumalliohjeet varmistavat, että alihankkija osaa valmistaa laadukkaat valumallit. Laadukkailla malleilla valmistettavien kappaleiden mittatarkkuus on hyvä ja mallien käyttäminen kaavauksessa on tehokasta. Metson pitkään jatkunut mallitekniinen kehitys on minimoinut keernojen käytön. Tällä periaatteella pystytään valmistamaan valu-

kappaleita erittäin hyvällä mittatarkkuudella, ja keernojen virheellisestä muottiin asettamisesta aiheutuneet virheet vähentyvät. Kaavausohjeen avulla poistetaan mahdollisuus käyttää valumalleja virheellisesti.

Alihankkijan perustavanlaatuisten suunnitteluvirheiden mahdollisuus minimoidaan kattavan ohjeistuksen avulla, ja samalla nykyisellään raskas ja hidas muutosprosessi alihankkijan ja Metson välillä kevenee. Mikäli alihankkijan valmistamat koe-erän valut ovat virheettömiä tai niihin vaadittavat muutokset pieniä, voidaan sarjatuotanto alihankkijalla aloittaa selkeästi nykyistä nopeammalla aikataululla. Muutosprosessin keveneminen ja laatuvirheiden korjaustarpeen väheneminen tuo merkittäviä kustannussäästöjä.

7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä esiteltiin Metson ja alihankkijoiden välinen yhteistyö nykyisellään ja otettiin esiin alihankintayhteistyössä esiintyneet valun suunnitteluun liittyvät ongelmakohdat. Alihankintayhteistyön kehittämiseen oli Metsolla kehitetty periaatteellinen ratkaisu, jonka perusteella yhteistyön valun suunnitteluun liittyviä ongelmakohtia lähdettiin tämän opinnäytetyön muodossa purkamaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä tietoa huomioon otettavista seikoista ohjeistettaessa alihankkijoita. Työn tavoitteena oli kerättyä tietoa ja oman tuotannon työohjeita soveltamalla luoda toimintamalli alihankkijoiden ohjeistamiseen tulevaisuudessa. Työhön tehtiin esimerkkejä valun suunnitelman, valumalliohjeen ja kaavausohjeen tekemisestä alihankkijalle. Lisäksi työhön tehtiin luottamuksellinen liite, jossa on uuden toimintamallin mukainen valun suunnitelma, valumalliohje ja kaavausohje. Liite löytyy vain Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry:n kirjaversiosta.

Tavoitteen mukainen toimintamalli luotiin, joten asetettu tavoite saavutettiin. Luotu toimintamalli tulee luultavasti kehittymään jatkossa, koska sen vaikutuksia alihankintayhteistyön laatuun päästään tarkastelemaan vasta lähitulevaisuudessa. Tätä opinnäytetyötä voidaan kuitenkin jatkossa käyttää valun suunnittelun apuvälineenä alihankkijan ohjeistamisessa.

Lähdeluettelo

Autere, Eugen, Ingman, Yrjö, Tennilä, Paavo 1986. Valimotekniikka 2. Helsinki:
Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto.

Beeley, P. 2001. Foundry Technology. Oxford: Butterworth-Heinemann,
Reed Elsevier plc.

Kivi, Tuukka. Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry, Methoding & Simulation
Engineer. Haastattelu 23. 12 2008. Haastattelu. Tampere.

Laine, Kim. Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundry, Foundry Technology
Manager. Haastattelu 9. 12 2008. Tampere.

Pyynikinlinna Oy 2007. Lokomo 1915-2005, 90 vuotta teräs- ja koneteollisuutta.
[online] [viitattu 15. 12.2008]. www.pyynikinlinna.fi/nayttelyt/lokomo.htm

Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry 2008. Lokomo Steel Foundry Yleisesitys.
[powerpoint] Tampere.

Pohjalainen, Kari 1997. Valumallit. Tampere: Opetushallitus.

Rantanen, Into 2003. Steels laatudokumentaatio: Keernalaatikot, hartsihiekat. Tampere:
Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry [intranet]

Rantanen, Into 2003. Steels laatudokumentaatio: Tykkikeernalaatikoiden työohjeet.
Tampere: Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry [intranet]

Rytky, Ilkka 2003. Steels laatudokumentaatio: Keernan ja kaavauksen työohje. Tampere:
Metso Minerals, Lokomo Steel Foundry [intranet]

Liitteet

Liite 1: Luottamuksellinen

Liittessä on esitetty uuden toimintamallin mukaisesti tehty valusuunnitelma, valumaliohje ja kaavausohje. Liite löytyy vain Metso Minerals Oy, Lokomo Steel Foundryn kirjaversiosta.