



MOOTTORILOHKOVALUJEN KEHITYS

Eero-Pekka Siirilä

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Kone- ja Tuotantotekniikka
Modernit
tuotantojärjestelmät &
tuotantotalous

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja Tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

Eero-Pekka Siirilä:
Moottorilohkovalujen kehitys

Opinnäytetyö 50, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2015

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Oyj:lle, joka on keskittynyt meriteollisuuden ratkaisuihin sekä voimalaitostekniikkaan. Työ suoritettiin Wärtsilän Vaasan toimipisteellä, jossa nykyisin sijaitsee W20- ja W32 -moottoreiden tuotanto. Lisäksi kevään aikana vierailtiin Valmetin valimolla Ruotsissa. Tarve opinnäytetyölle ilmeni eri lohkovalujen toimittajien menettelytapojen eroavaisuudesta sekä jatkuvista laatupoikkeamista. Tavoitteena oli saada kaikki toimittajat noudattamaan Wärtsilän itse laatimaa laatuohjetta prosesseissa ja dokumentoinneissa, tutkia onko laatuohjeessa päivitettävää sekä selvittää valimoiden omat toimintatavat lohkovalun laadunvalvonnan suhteen. Lisäksi opinnäytetyön edetessä ilmeni muita lohkoihin liittyviä ongelmia, kuten esimerkiksi säilytysolosuhteista johtuvaa ruostumista.

Puutteiden kartoittamisen jälkeen aihealue rajattiin koskemaan enimmäkseen lohkovalujen dokumentointia, sillä kaikkien ongelmien ratkaisemiseen ei ollut tässä työssä tarpeeksi aikaa. Teoriaosuutta varten suoritettu valutekniikan tutkimustyö tehtiin aiheeseen liittyvää ammattikirjallisuutta käyttäen, mutta yritysten sisäisten asioiden selvitys ja niiden mahdolliset ratkaisut selvitettiin haastatteleamalla useita työntekijöitä eri osastoilta. Dokumentointiselvityksien lisäksi tehtiin piirustusmuutoksia, jotta kappale olisi valuystävällisempi, ja näin voitaisiin jatkossa välttyä hitsausta vaativilta mittavirheilä.

Suuren organisaation ja lohkojen pitkien toimitusaikojen vuoksi kevään aikana tehdyt muutokset alkavat näkyä vasta monen kuukauden päästä, ja moni kehitysprosessi on vielä keskeneräinen opinnäytetyön palautushetkellä. Lohkovaluihin liittyvistä ongelmista ratkesi vain osa, joten kehittämistä riittää vielä tulevaisuudessakin. Opinnäytetyön luottamuksellinen materiaali on poistettu julkisesta versiosta.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and production Engineering
Production technology and Engineering Management

EERO SIIRILÄ:
Improving engine block cast quality

Bachelor's thesis, pages 50, appendices 2 pages
May 2015

The thesis is done for a company called Wärtsilä, which specializes in marine and power plant solutions. Wärtsilä is one of the world's leading companies providing full lifecycle services in this field. The thesis was made at Wärtsilä's manufacturing site Vaasa, which makes W20- and W32-engines, and it also included a trip to a foundry in Sweden. The subject of the thesis was improving engine block cast quality, and making sure that all the foundries are following the quality instructions provided by Wärtsilä.

The subject grew a lot during the thesis, and at one point the area was limited to the documentation related to the engine blocks. The main goal after this was to investigate what kind of measurements does the foundry measure, can they be used in the production. In addition some most common measurement defects were fixed by informing the foundry, and making cast drawing changes. The research for the theory part was made by using academic literature, and the investigation of engine block related problem was done by interviewing company's employees from various different fields. Besides the research about improving documentation some drawing changes were made, to make the engine block easier to cast for the foundry, which would prevent measurement defects in the future.

Due to the long delivery times and the size of Wärtsilä's organization the changes made during the spring will take effect after few months, and many of the improvement processes were still active when it was time to return the thesis. Only a fraction of the engine blocks casts were solved, so there will be room for improvement also in the future. The confidential material of the thesis has been removed from the public version.

Key words: Quality, engine block, casting, documentation

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
2	Wärtsilä	8
2.1	Wärtsilän Historia	8
2.2	Yrityksen rakenne	9
3	TEORIA	11
3.1	Valaminen valmistusmenetelmänä	11
3.1.1	Valimoalan nykytilanne	13
3.1.2	Valurauta ja sen käyttö.....	14
3.1.3	Metallin sulatus	16
3.1.4	Induktiouunit	17
3.1.5	Mallit	19
3.1.6	Muotit.....	20
3.1.7	Muotin valujärjestelmä.....	21
3.1.8	Keernat	23
3.1.9	Sulan kaato muottiin	24
3.1.10	Yleisimmät valuvirheet	25
3.1.11	Jälkikäsitteily.....	26
3.1.12	Lämpökäsittely.....	27
3.1.13	Maalaus	28
3.2	Rinnakkaissuunnittelu.....	29
3.3	Laatu & laadunvalvonta.....	30
3.3.1	Rikkomattomat laadunvalvontamenetelmät.....	30
3.3.2	Tunkeumanestetarkastus	31
3.3.3	Magneettijauhetarkistus	32
3.3.4	Ultraäänitarkistus	32
3.4	Dieselmoottorin runko	33
3.5	Lohkon valaminen	34
3.6	Lohkon kulku verstaalla.....	35
3.7	Koneistuksen jälkeinen laadunvalvonta.....	36
4	Lohkovaluun liittyvät ongelmat	37
4.1	Yleistä	37
4.2	Dokumentaatio ja sen parannus	38
4.3	Laatuohjeen päivitys	39
4.4	Selvitys piirroituksen nykytilanteesta	40
4.5	MITTAVIRHEET	41
4.5.1	Nostajanaukko.....	41

4.5.2	Vesikanavien reiät.....	42
4.5.3	Ilma-aukot	42
4.5.4	Nokka- ja kampiluukut.....	43
4.5.5	Ilmatilan ruuvipussit	43
4.5.6	Tiedonkulku valupiirustusmuutoksessa	44
4.6	Ruoste	45
5	POHDINTA.....	46
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	49
	Liite 1. Yleisimmät valuvirheet.....	49

ERITYISSANASTO tai LYHENTEET JA TERMIT (valitse jompikumpi)

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
DCV	Delivery Center Vaasa
WFI	Wärtsilä Finland
SP	Ship Power
W32	Wärtsilä W32-moottori (männänhalkaisija 32cm)
W8L32	8-sylinterinen rivimoottori jossa W32 moottori
W16V32	16-sylinterinen v-moottori jossa W32 moottori
GJS	pallografiittinen valurauta
CO	hiilimonoksidi
Seosaine	lisätään parantamaan metallin ominaisuuksia
Induktio	metalliosien varautuminen sähkökentässä
CAD/CAM	Computer aided design / manufacturing
R&D	Tutkimus- ja tuotekehitys

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä käydään läpi Wärtsilä yrityksenä, valamisen teoria pääperiaattein, laadunvalvonnan käsitteitä, sekä jälkimmäisessä osiossa tutustutaan yrityksessä ilmenneisiin ongelmiin, ja niiden ratkaisuihin. Wärtsilä valmistaa monen eri kokoluokan moottoreita, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään enimmäkseen W32-tyypin moottorilohkoihin. Olen aikaisemmin ollut kesätöissä Wärtsilässä kiertokankipajalla ja moottorilohkojen koneistuksen jälkeisessä laadunvalvonnassa, mikä tarjosi oivalliset lähtökohdat opinnäytetyön tekemiselle.

Wärtsilä tilaa lohkonsa usealta eri valimolta, sillä yritys ei halua olla riippuvainen yhdestä palveluntarjoajasta. Kaikilla valimoilla on kuitenkin omat menettelytavat, työkalut ja ammattitaito, mikä tuo haasteita lohkonvaluun liittyvien laatustandardien määrittelyssä. Moottorilohkovalujen laadun kehittäminen on hidas ja pitkäaikainen prosessi, ja se on ollut käynnissä jo vuosia. Vaikka parannuskohteita tuntui löytyvän jatkuvasti lisää, oli pienenkin käytännön muutoksen aikaansaaminen yllättävän iso prosessi. Lohkon valmistusketjun yhteydessä on suuri joukko ihmisiä, niin hankinnasta, koneistuksesta kuin tuotekehityksestä, joilla kaikilla on omat näkemyksensä laadusta ja mahdollisista parannusehdotuksista. Valitettavasti eri osastojen mielipiteet ja tavoitteet ovat usein ristiriidassa toistensa kanssa.

2 Wärtsilä

2.1 Wärtsilän Historia

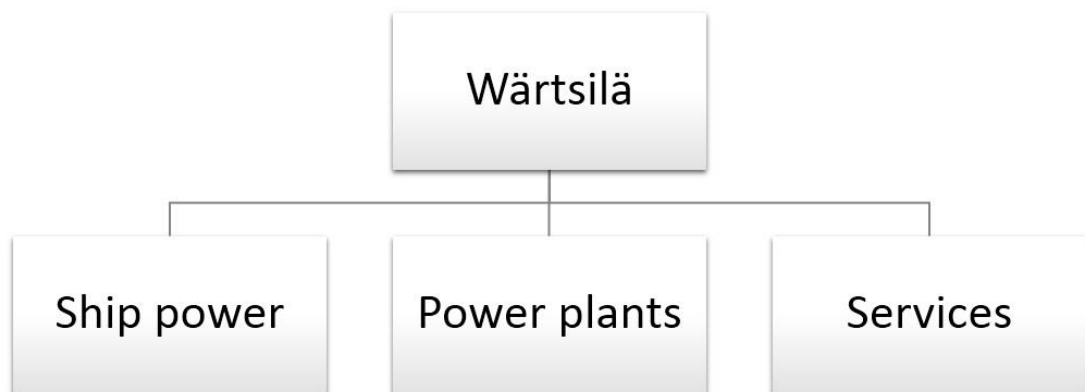
Wärtsilä on alunperin suomalainen yritys, ja sillä on pitkä ja vaiheikas historia. Yrityksen toiminta alkoi Karjalan Tohmajärven koskien varteen perustetusta sahasta vuonna 1834. Muutaman vuoden päästä sahan osti nuori yrittäjä Nils Ludvig Arppe, joka valtion kehotuksen innoittamana päätti rakentaa sahan kylkeen kaksi masuunia, laajentaen toimintansa metalliteollisuuteen. 1900-luvun alussa yritys vaihtaa omistajaa useaan otteeseen, ja vuodesta 1908 eteenpäin se on kulkenut nykyisellä nimellään Wärtsilä Oy. 1935 Wärtsilä siirsi pääkonttorinsa Helsinkiin, sekä hankki itselleen Helsingin ja Turun telakat. Vuonna 1938 alkoi Dieselmootoreiden lisenssivalmistus Saksalaisen Friedrich Krupp Germania Werft AG:n kanssa. Tovin moottoreita valmistettuaan yritys alkoi suunnittelemaan omaa moottorityyppiänsä, ja Wärtsilän oma ensimmäinen moottori valmistui Vaasan tehtaalla vuonna 1959.

1970-luvulla yritys investoi runsaasti resursseja diesel-moottoritekniikan kehitykseen. Vaasan tutkimus- ja tuotekehityslaboratorio onnistui ajamaan dieselmoottoria edullisesti valmistettavalla polttoöljyllä, millä oli mullistavia vaikutuksia laivateollisuudessa. Wärtsilän moottorivalikoima kasvoi entisestään 1990-luvun lopulla, kun yritys hankki itselleen Sveitsiläisen Schultzer dieselin, joka on erikoistunut hitaasti pyöriin raskaisiin moottoreihin. Uusi aluevaltaus nosti Wärtsilän yhdeksi maailman johtavaksi laivanmoottoreiden valmistajaksi. Yritys jatkoi laajentumistaan 2000-luvun alussa, hankkien useiden eri meriteollisuuden komponenttien valmistuksen itselleen. Tämän jälkeen Wärtsilä pystyi tarjoamaan asiakkailleen kokonaisen laivan konehuoneen, moottoreista voimansiirtoon. Nykyään Wärtsilä on saavuttanut pisteen, jossa se pystyy tarjoamaan palvelunsa voimalaitoksien ja laivojen koko elinkaaren ajan.

Lähde: <http://www.wartsila.com/en/about/company-management/history>

2.2 Yrityksen rakenne

Wärtsilän nykyinen organisaatorakenne koostuu kolmesta eri sektorista: Ship power, Power plants ja Services. Tällä hetkellä yrityksellä on yli 170 eri toimipistettä 70 eri maassa. Wärtsilä pyrkii tarjoamaan tuotteensa täydellisellä elinkaari palvelulla, joka alkaa projektin suunnittelusta ja voimalaitoksen tai laivan valmistuttua jatkuu huoltosopimuksella. Lisäksi yritys on erikoistunut joustaviin ja mahdollisimman ympäristöystävällisiin ratkaisuihin.



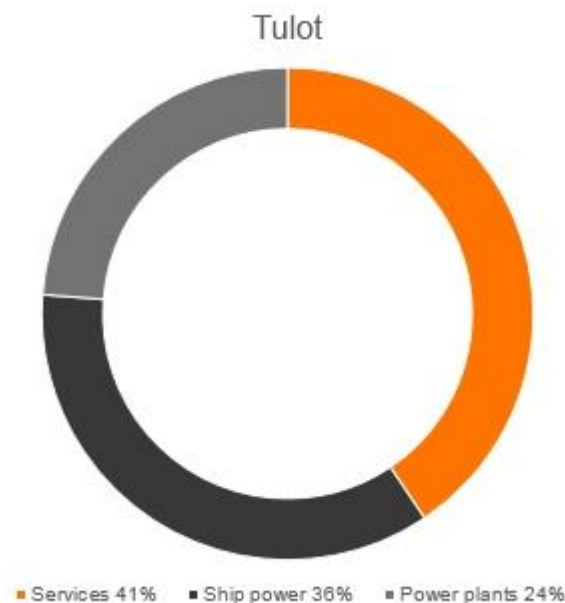
Kuvio 1, yrityksen organisaatorakenne.

Meriteollisuuden ratkaisut kuuluvat Ship power yksikön piiriin. Yrityksen toiminta on laajentunut vuosien saatossa pelkistä moottoreista myös laivanpotkureihin, voimansiirtoon, ohjausjärjestelmiin, sähköautomaatioon sekä kokonaisen laivan suunnittelupalveluihin. Ship power työllistää tällä hetkellä noin 5500 henkilöä yrityksen henkilökunnasta. Käytännössä kaikki moottorien valmistaminen tapahtuu Ship powerin alaisuudessa, joten se valmistaa myös Power plantsin käyttämät moottorit. Tällä hetkellä keskinopeiden W32-moottoreiden tuotanto tapahtuu Vaasassa, sekä raskaiden W46-moottoreiden valmistus Triestessä Italiassa.

Power plants osio on keskittynyt sähkövoimaloiden tuotantoon. Vuonna 2014 Wärtsilällä oli 5000 voimalaa yli 170 maassa. Wärtsilä on yksi maailman johtavista joustavien voimalaitoksien toimittajasta. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi tuuli- tai aurinkovoimalaitoksien säätövoimaloita kuormitushuippujen tasaamiseen, tai monipolttoainekäyttöisiä generaattoreita. Powerplants on Wärtsilän pienin sektori, ja se työllistää suorasti vain noin 1000 henkilöä.

Services on Wärtsilän selkeästi suurin osahaara. Yrityksen periaatteisiin kuuluu moottoreiden huolto koko niiden elinkaaren ajan, ja tällä hetkellä toimiva asennettu kanta on noin 181 000 Megawattia. Servicen tehtäviin lukeutuu asennukset, tuki, uusien komponenttien asennus ja päivitys, ympäristöratkaisut. Suurin osa yrityksen liikevaihdosta tulee sen tarjoamista huoltopalveluista. Joka kolmannessa maailman laivassa on Wärtsilän moottori, ja yrityksellä on huoltosopimus noin joka toisen laivan kanssa maailmassa. (Wärtsilä annual report)

Vuoden 2014 yrityksen liikevaihto oli 569 Miljoonaa euroa, ja se on listattu Helsingin NASDAQ pörssiin. Valtaosa Wärtsilän tuotoista tulee Services yksikön toimittamista elinkaari palveluista.



Kuvio 2. Yrityksen liikevaihto jaettuna prosenttiosuuksiin.

3 TEORIA

3.1 Valaminen valmistusmenetelmänä

Valaminen on tiedettävästi vanhin metallin muotoilumenetelmistä. Ensimmäinen tunnettu valukappale on kuparinen sammakko jonka valmistus on ajoitettu noin. 3200 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Antiikin Kreikassa, Roomassa ja Egyptissä valettiin koristepatsaiden lisäksi myös aseita. Valurauta kehitettiin kiinassa, ja teräs länsimaissa, mutta laajaa teknistä merkitystä valutaito sai vasta 1600-luvulla, jolloin keksittiin kupoliuunia muistuttava sulatusuuni joka johti valuraudan sulattamisen yleistymiseen.

Valimotekniikan kehitys on ollut poikkeuksellisen nopeaa 2. maailmansodan jälkeen. Asiaa nopeutti kemianteollisuuden kehittämät uudet sideaineet, joita käytettiin muottien kaavauksessa ja keernahiekoissa. Myös erilaisten sulatusuunien sekä metallurgian saralla tapahtui useita innovaatioita. Pallografiittiraudat alkoivat kasvattamaan osuuttaan koneenosien valmistusmateriaalina tavallisen valuraudan ja teräksen rinnalla.

(Autere ym. s.7)

Valaminen on valmistusmenetelmänä on hyvin monipuolinen, sillä kappaleen koolla eikä muodolla ei ole juurikaan rajoituksia. Menetelmää voidaan käyttää muutaman gramman painoisista kappaleista sadan tonnin suuruisiin. Sulan metallin juoksevuuden ansiosta se täyttää kaikki muotin onkalot, mikä mahdollistaa vaativienkin kappaleiden valmistuksen. Tämän ansiosta kappaleet voidaan suunnitella siten, että kohdat joihin kohdistuu enemmän rasitusta voidaan valmistaa tukevammiksi. Onnistuneella suunnittelulla ja pienillä työstömäärillä valaminen käyttää hyvin vähän raaka-ainetta, minkä vuoksi se on valmistustapana hyvin edullinen. (Weboppimateriaali, suunnittelijan opas)

Valaminen ei kuitenkaan ole täydellinen valmistusmenetelmä ja silläkin on omat haittapuolensa. Valuttujen kappaleiden pinnanlaatu harvoin täyttää sille asetettuja vaatimuksia, mistä johtuen valukappaleet tulee pintakäsitellä valamisen jälkeen. Pinnanlaatua voi parantaa erilaisilla materiaalivalinnoilla tai valamismenetelmillä, mutta se nostattaa kappaleen kustannuksia huomattavasti. Suunnittelutyö on tehtävä huolellisesti ja menetelmälle soveltuvasti, sillä huonosti suunniteltu valukappale aiheuttaa mittavirheiden ja ainevikojensa vuoksi huomattavia lisäkustannuksia.

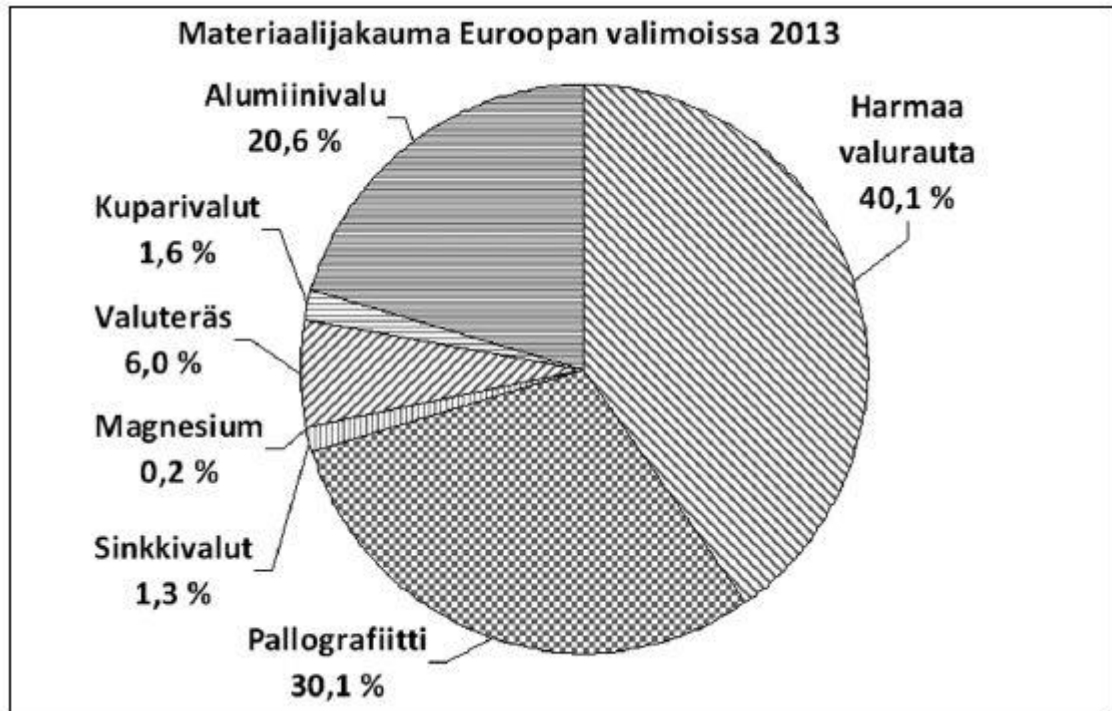
(Valuatlas Web-oppimateriaali, suunnittelijan opas)

Valamiseen tarvitaan sulaa metallia, ja se saadaan aikaan kuumentamalla metalliharkkoja tai -romua sulatusuunissa. Sulamisen tarvittava korkea lämpötila aiheutetaan erilaisilla polttoaineilla tai sähköllä. Sulanut metalli lasketaan tulenkestävään kaavaushiekasta valmistettuun muottiin. Hiekkaan on sekoitettu erilaisia seos- ja sideaineita, jotta muotti pysyisi paremmin koossa. Kaadon jälkeen sulan metallin annetaan jähmettyä muotin sisällä. Kappaleen jäähtyttyä muotti rikotaan sen ympäriltä, ja muotissa käytettyä hiekka elvytetään lisäämällä siihen lisää sideaineita. Tätä valamiesmenetelmää kutsutaan kertamuottimenetelmäksi. On myös mahdollista käyttää metallista tai keraameista valmistettuja kestromotteja, jotka kestävät tuhansia valukertoja. (Keskinen s.11)

Metallin ja muovin valamiselle on useita erilaisia keinoja ja käytäntöjä, mutta tämän opinnäytetyön kannalta on olennaisinta pallografiittivaluraudan hiekkamuottivalaminen.

3.1.1 Valimoalan nykytilanne

Maailmassa on noin 51 000 valimoa, joista joka kymmenes sijaitsee Euroopassa. Vuoden 2000 jälkeen valimoteollisuuden kasvu on keskittynyt voimakkaasti kaukoitään, Kiinan nostaessaan tuotantoaan 450 %, ja Intian 324 %. Suomen valimoteollisuudessa työskenteli vuonna 2009 noin 2500 henkilöä, 31 eri yrityksessä. Valuteollisuuden tuotannon suuruutta mitataan tonneissa. (SVV, 4/2014 s.29)



Kuvio 3. Valutuotannon jakautuminen Euroopan valimoissa. (SVV, 4/2014)

Valimoteollisuus on edelleen muulle teollisuudelle välttämätön, jota ilman ei tulla toimeen. Valetut osat muodostavat merkittävän osan koneiden valmistuskustannuksista, ja esimerkiksi työstökoneiden painosta noin 80 % on valettuja osia. (Keskinen s.10)

3.1.2 Valurauta ja sen käyttö

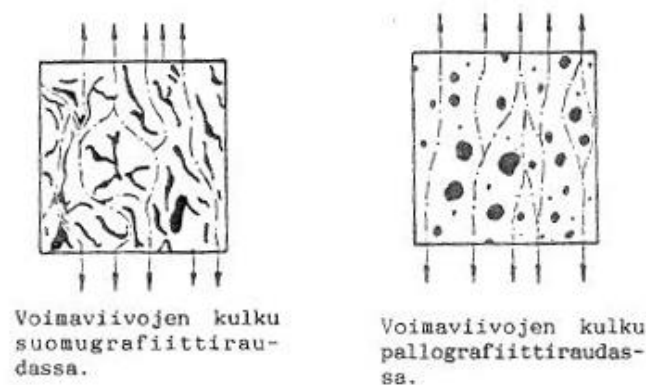
Määritelmän mukaan valuraudat ovat materiaaleja, joiden hiilipitoisuus on noin 2,0 – 4,1 %, ja rautapitoisuus on vähintään 50 %. Valuraudan kiderakenne muodostuu grafiitista ja matriisista. Suurin osa hiilestä on yleensä grafiittisulkeumina, mutta merkittävä osa siitä on myös matriisin karbidikiteissä rautaan ja ajoittain myös seosaineisiin yhtyneinä. Grafiittisulkeuman jakautumismalli, muoto ja koko vaikuttavat keskeisesti valuraudan ominaisuuksiin, koska grafiitilla on matriisiin verrattuna pieni sitkeys, pieni vetolujuus ja huono muovattavuus. Valuraudat ryhmitellään niiden grafiittisulkeumien perusteella ja ne jaotellaan seuraavasti:

- Pallografiittiraudat, grafiittisulkeumilla pallomainen rakenne (GJS).
- Suomugrafiittiraudat, eli harmaaraudat, joissa grafiitti ilmenee käyrityneinä litteinä suomuina. Nimitys harmaarauta tulee murtopinnan tummanharmaasta, joka on aiheutunut murtuman etenemisestä grafiittisuomuja pitkin (GJL).
- Tylppägrafiittiraudat, sulkeumat ovat paksumpia ja niiden reunat pyöreämpiä kuin suomugrafiittiraudassa (GJV).
- Adusoidut raudat, eli temperraudat, sulkeumat pyöreähköjä ja kokkaremaisina.
- valkoiset valuraudat, grafiitti puuttuu kokonaan, valuraudan hiilipitoisuus on martensiitti, austeniitti- ja tai karbidikiteissä.

Valurautaa käytetään runsaasti teollisuudessa ja koneenosissa. Materiaalin käyttökohteisiin lukeutuvat työstökoneiden rungot, vaihekotelot, polttomoottoreiden sylinterilohkot, sylinterinkannet, autojen jarrulevyt, sähkömoottorien rungot, ja niin edelleen. Syitä valuraudan käyttöön on useita. Suomugrafiittiset valuraudat ja seostamattomat teräkset lukeutuvat metalleista halvimpiin valmistusmateriaaleihin. Valamalla on mahdollista valmistaa vaikeita ja monimutkaisia kappaleita, kuten moottorilohkot. Valuteräs ja valurauta ovat raaka-aineena suurin piirtein samanhintaisia, mutta valuraudat valetaan noin 300 °C matalammissa lämpötiloissa. Tämä mahdollistaa edullisempien muotti-, uuni-, ja senkkamateriaalien käytön kuin vastaavassa teräsvalimossa. Valurauta voidaan valaa ohuemmiksi seinämiksi kuin teräs, siinä ilmenee vähemmän imuhuokosia, sillä päästään parempiin mittatarkkuuksiin ja pieniin työstövaroihin.

Valuraudalla on myös erinomainen värähdyksen vaimennuskyky. Tästä syystä sitä käytetään työstö- ja paperikoneissa, jotta työstöstä aiheutuva värähtely ei vaikuttaisi lopputuotteen laatuun. Monet valuraudan käyttökohteet ovat jatkuvien lämpötilavaihtelujen kohteena, kuten esimerkiksi auton jarrulevy tai paistinpannu. Mikäli kyseiset kappaleet olisivat tehty teräksestä, niihin syntyisi ajan kuluessa pysyvää muodon vääristymistä, johon valuraudalla ei ole yleensä yhtä suurta taipumusta. Näissä käyttökohteissa on myös hyödyksi grafiitin suoma lämminjohtavuus, joka on huomattavasti parempi kuin teräksillä. (Koivisto ym. s.151-153)

Wärtsilän moottorilohkot valetaan pallografiittivaluraudasta. Kyseistä metallia valmistettaessa pyritään grafiitti kiteyttämään pallomaiseen muotoon, jolloin raudalle saadaan parempia mekaanisia ominaisuuksia, kuten suurempi vetolujuus ja parempi sitkeys. Laadukkaalla pallografiittivaluraudalla voi olla vastaavat lujuusominaisuudet jopa valuteräksen kanssa. Grafiitin pallomainen rakenne rikkoo vähemmän raudan sisäistä rakennetta kuin suomuinen, jonka vuoksi valukappaletta kuormitettaessa



pääsevät siihen kohdistuvat voimat kulkemaan paremmin kappaleen lävitse.

Kuva 1, pallo ja suomugrafiitin erot, (valumetallien sulatus, Keskinen ,s 68)

Grafiitin palloutuminen aiheutetaan lisäämällä sulaan rautaan hetki ennen valamista magnesiumia sisältävää palloutusmisainetta. Palloutumisen ehtona on pieni rikki pitoisuus, joka on noin 0,01-0,02% luokkaa. Tästä johtuen kupoliuunivaluraudasta ei voida valmistaa pallografiittirautaa, ellei sille suoriteta rikinpoistoa toisessa uunissa, kuten induktiouunissa. (Keskinen. s6)

3.1.3 Metallin sulatus

Valumetallien sulatusta varten on kehitetty useita erilaisia sulatusuuneja. Sopivan sulatusuunin valinta riippuu sulatettavasta metallista, sen määrästä ja laadusta. Sulatusuunit voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- Kupoliuunit
- Sähköuunit

Rauta- ja teräsmetallien sulatus tapahtuu hyvin korkeissa lämpötiloissa. Tästä johtuen uuneissa ja valuastioissa jotka ovat sulan metallin kanssa kosketuksissa, tulee käyttää siihen soveltuvia materiaalia ja tulenkestäviä massoja. Vuorauksia on , huollettava, peruskorjattava ja uusittava säännöllisin väliajoin jatkuvan toiminnan varmistamiseksi. Korkean lämpötilan lisäksi vuorauksia kuluttaa lämpötilavaihteluiden aiheuttamat tilavuuden muutokset, kemialliset reaktiot, staattiset kuormat ja mekaaninen hankaus. Laadukkaan pallografiitin valmistamiseen käytetään induktiuuneja. (Autere ym. 87)

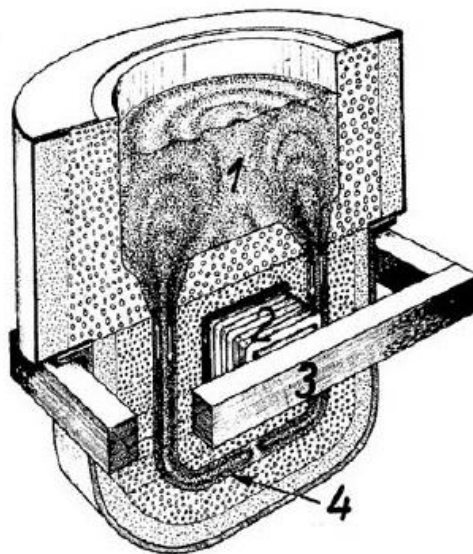
Kupoliuuni on vanhin valuraudan sulatusuuni, ja niitä on vieläkin runsaasti käytössä. Uunin etuihin kuuluvat suhteellisen halvat perustamis- ja sulatuskustannukset, käyttövarmuus ja jatkuva sulatus. Viimeiseksi mainittu ominaisuus saattaa olla ajoittain myös haitallinen, sillä samassa uunissa useita eri valurautoja sulatettaessa syntyy eri rautalaatuja joilla ei välttämättä ole käyttöä. Toinen haittavaikutus on vaikea metallurgian hallitseminen. Kupoliuunissa ovat polttoaineena toimiva koksi sekä sulatettavana oleva panos toimivat toistensa yhteydessä, mikä saattaa aiheuttaa hiilipitoisuudessa ennalta arvaamattomia vaihteluita (Autere ym. s27)

Ensimmäiset valokaariuunit otettiin käyttöön jo 1800-luvun lopussa. Suuren tehonsa vuoksi valokaariuunia käytetään korkeissa lämpötiloissa sulavien metallien sulatukseen, kuten teräksen. Valokaariuuneja käytetään 15-20 tonnin painoalueesta ylöspäin, sillä pienimmillä määrillä uunin käyttö ei ole energiatehokkuutensa puolesta kannattavaa. (Autere ym. s68)

3.1.4 Induktiouunit

Induktiouuneissa on mahdollista sulattaa kaikkia metalleja. Uunin toimintaperiaate perustuu sähköenergian aiheuttamiin pyörrevirtoihin sulatettavassa aineessa, jonka vaikutuksesta kappale alkaa kumentua ja lopulta sulaa. Tästä johtuen uunin raaka-aineena voidaan käyttää halpaa valurauta- ja teräsromua harkkoraudan sijaan. Muita uunille tyypillisiä hyviä ominaisuuksia ovat valuraudan kemiallisen koostumuksen ja lämpötilan tarkka hallinta. Induktiouunit soveltuvat erityisesti laadukkaan pallografiittiraudan valmistukseen. Yleisimmät induktiuunityypit voidaan jakaa kouru- ja upokasuuneihin. (Autere ym. s.74)

Kouru-uunit käyttäytyvät tavallisen sähkömuuntajan tavoin. Ensiökäämi on kääritetty magneettisydämen ympärille, ja toisiokäämin muodostaa renkaanmuotoisessa kanavassa sula metalli, joka on jatkuvasti oikosulussa. Ensiökäämiin syötetty vaihtovirta aiheuttaa voimakasta kuumenemistä toisiopiirin sulassa metallirenkaassa. Jotta uuni voisi toimia, täytyy kanavassa olevan metallin valmiiksi sulaa. Mikäli uuni halutaan käynnistää kylmänä, on kanavaan kaadettava sula metalli ensiksi kuumennettava jossakin toisessa uunissa. Ongelma voidaan myös ratkaista pitämällä pysähdyksien aikana tarvittava määrä sulaa kourun pohjalla. Tällöin täytyy noudattaa äärimmäistä varovaisuutta, sillä mikäli sula pääsee jähmettymään kourun pohjalle, aiheutuu siitä vahinkoa uunille. (Autere ym. s.74)

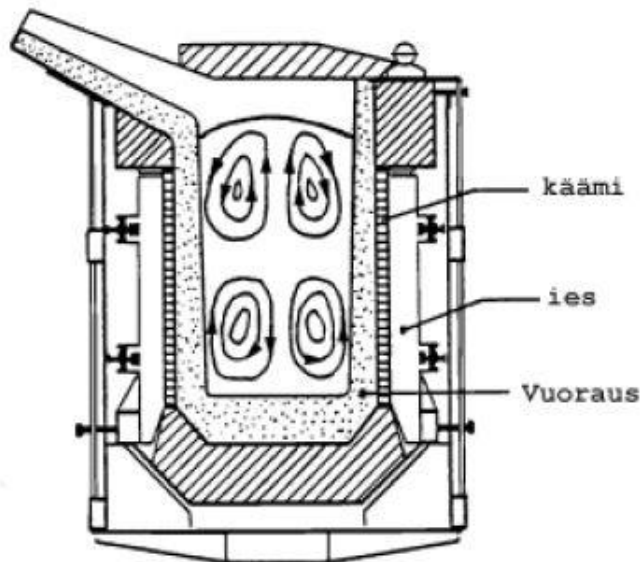


Kuva 28. Induktiokouru-uunien rakenne. 1) uunipesä, 2) primäärikäämi, 3) magneettisydän, 4) sekundääripöirin muodostava sulametallikouru.

Kuva 2. Kouruinduktiouunin rakenne. (Autere ym. s.75)

Kouruinduktiouuneja käytetään matalissa lämpötiloissa sulavien metallien sulatuksen tai kuumana pitämiseen. Sen etuina muihin sähköuuneihin verrattuna on sen hyötysuhde, sekä sähkölaitteiden yksinkertainen ja halpa rakenne. Uunin muotoilun vuoksi kuorma saadaan yleensä symmetriseksi, ja sen kompensointiin vaatimia komponentteja tarvitaan vähemmän kuin upokasuuneissa.

Induktioupokasuunin metallin lämmitys perustuu sen ympäröimiin kuparikäämeihin. Käämit ovat tehty ontoista kiskoista, jotta ne voitaisiin jäähdyttää vedellä. Syötettävä sähkövirta aiheuttaa kuparikäämissä magneettisen kentän, joka aiheuttaa sulatettavassa metallissa pyörrevirtoja. Tämä aiheuttaa metallista vastuksia, jotka johtavat metallin sulamiseen. Uunin suurin sulatusteho on kuparikäämin läheisyydessä, ja pienin uunin keskellä. Teho riippuu myös sulatettavan metallin palokoosta, sen sähkönjohtavuudesta, virran taajuudesta sekä sen magneettisuudesta. Metallin kuumeneminen on sitä tehokkaampaa mitä suurempia sulatettavat kappaleet ovat, sillä niihin pystyy muodostumaan pyörrevirtoja paremmin kuin pienempiin kappaleisiin. Tästä syystä pienikokoinen metalliromu ei sula uunissa, ellei siellä ole jo valmiiksi sulaa metallia. Upokasuunin vuoraus tulee olla riittävän ohut, sillä uunin hyötysuhde huononee vuorauskerroksen kasvaessa.



Kuva 3. Upokasinduktiouuni. (Autere ym. s.78)

3.1.5 Mallit

Valaminen ei onnistu ilman valumallia. Jokainen valettu kappale vaatii oman valumallinsa, ja ne voidaan valmistaa puusta, vahasta, massasta, muovista tai metallista. Sisäpuolen muodot toteutetaan keernoilla, jotka ovat muodoltaan sisäpuolen muotojen peilikuva. (Pohjalainen s.4)

Mallinvalmistuskustannukset muodostavat valukappaleen kokonaiskustannuksista huomattavan osan, mutta korkealaatuisilla malleilla päästään pieniin työstövaroihin, mikä taas säästää työstökustannuksissa. Kappaleen suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa mallikustannuksiin tekemällä kappaleesta geometrisesti yksinkertaisen muotoinen, käyttämällä avonaisia profiileja, ja pyrkimällä jakamattomaan malliin.

Mallit voidaan rakenneaineensa lisäksi jakaa useaan eri kategoriaan:

- Luonnolliset mallit tai keernalliset mallit
- Käsinkaavaus- ja konekaavausmallit
- Kerta- ja kestopmallit

Luonnollisessa mallissa on malli kokonainen ja valmiiksi valettavan kappaleen muotoisia. Keernallisissa malleissa on sisäpuolen muodot toteutettu keernoilla, jonka vuoksi malli on pitänyt jakaa tasoihin. Kaavauksella tarkoitetaan valamisessa käytetyn muotin valmistamista hiekasta. On myös mahdollista valaa metalleista tai keraameista valmistetuilla kestopuoteilla, mutta tuotantomäärien pitää olla suuria ennen kuin se on taloudellisesti kannattavaa.

Jakopinta määrittää miten muotti jaetaan valukappaleen ympäriltä. Kaavauksen helpottamiseksi olisi suotavaa että kappale kyettäisiin valamaan vain yhdellä jakotasolla. Useampia jakopintoja tulisi välttää, sillä ne vaikeuttavat kaavauksien lisäksi myös mallin kiinnittämistä, sekä saattavat aiheuttaa siirtymävirheitä valettaessa.

(Autere ym. s.23)

3.1.6 Muotit

Käsinkaavaus on vanhin, mutta edelleen käytetty hiekkamuottien valmistusmenetelmä. Varsinkin kappalekoon kasvaessa suureksi muuttuu koneellinen kaavaus mahdottomaksi. Käsinkaavaus on taloudellinen vaihtoehto myös yksittäiskappaleiden ja pieniä sarjakokoja valmistettaessa, sillä konekaavauksenlinjan käyttöönotto vaatii suuria alkuinvestointeja. Valuja voidaan valmistaa myös kestopuottimenetelmillä, mutta ne eivät ole tämän opinnäytetyön kannalta olennaisia.

(Valuatlas Web-oppimateriaali, muotti- ja valutekniikka)

Muottiin sullottu hiekka voidaan kovettaa mekaanisesti, kemiallisesti tai fysikaalisesti. Kullakin menetelmällä tehdyt muotit eroavat toisistaan hiekan ja tiheyden koostumuksella. Haluttuun tulokseen päästään usein yhdellä menetelmällä, mutta useampien menetelmien perättäinen käyttö on myös yleistä.

Mekaanista sullontaa käytetään enimmäkseen bentoniittihiekkojen kaavauksessa. Sullonnan merkityksellä on suuri merkitys valmiin valukappaleen laatuun. Mikäli hiekka on sulloutunut epätasaisesti, heikosti, tai liian kovaksi, syntyy kappaleeseen valamisen yhteydessä pullistumia, imuvirheitä, hiekkareikiä ja muita vastaavia valuvirheitä. Hiekan sulloutumiseen vaikuttavat sullontamenetelmän lisäksi hiekan kosteus, reajakautuma ja sideaineet. Erilaisia mekaanisia hiekan kovetusmenetelmiä ovat hiekan tärinäminen, puristaminen, puhaltaminen ja sinkoaminen.

Peitosteet ovat muotin pinnan viimeistelyaineita. Niiden tarkoituksena on muodostaa sileä metallia läpäisemätön pinta muotin pintaan. Myös keernoja voidaan peitostaa. Peitostamisella pyritään ehkäisemään hiekan kiinni palamista kappaleeseen, tai metallin tunkeutumista hiekkaan. (Autere ym. s.413)

3.1.7 Muotin valujärjestelmä

Muotin täyttöjärjestelmä koostuu kahdesta osasta, muotin täyttö- ja syöttöjärjestelmistä. Muotin täyttöjärjestelmän tarkoituksena on täyttää muotin ontelo kokonaisuudessaan sulaneella ja kuonattomalla metallilla. Syöttöjärjestelmän tehtävänä on syöttää kiteytymis- ja sulakutistumaa vastaava määrä sulaa metallia, jotta valukappaleeseen ei syntyisi imuvikoja.

Muotin syöttöjärjestelmä muodostuu syöttökuvuista, syöttötäytteistä, sisäisistä ja ulkoisista jäähdytyskappaleista, sekä eristävät ja eksotermiset peitejauheet ja holkit. Syöttökuvat varastoivat sulaa metallia, ja valuttavat lisää metallia valukappaleen jähmettymisen edistyessä. Eksotermiset ja eristävät aineet hidastavat metallin jähmettymistä syöttökuvuissa, kun taas jäähdytyskappaleiden tarkoituksena on kiihdyttää jähmettymisprosessia halutuissa valukappaleen osissa.

Metallin jähmettyminen muotissa johtuu lämmön siirtymisestä sulasta metallista muottiaineeseen ja sen ympäristöön. Valamisen alkuvaiheessa lämpö sitoutuu nopeasti muottiaineeseen nostaten muotin lämpötilaa. Myöhemmässä vaiheessa metallin jähmettyvän metallin lämpötilan lasku hidastuu, ja siihen vaikuttaa suuresti muottiaineen lämmönjohtokyky. (Autere ym. s.73-76)

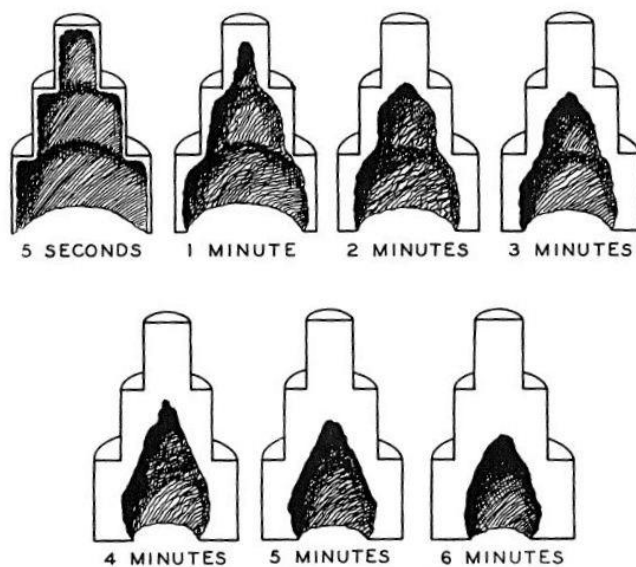
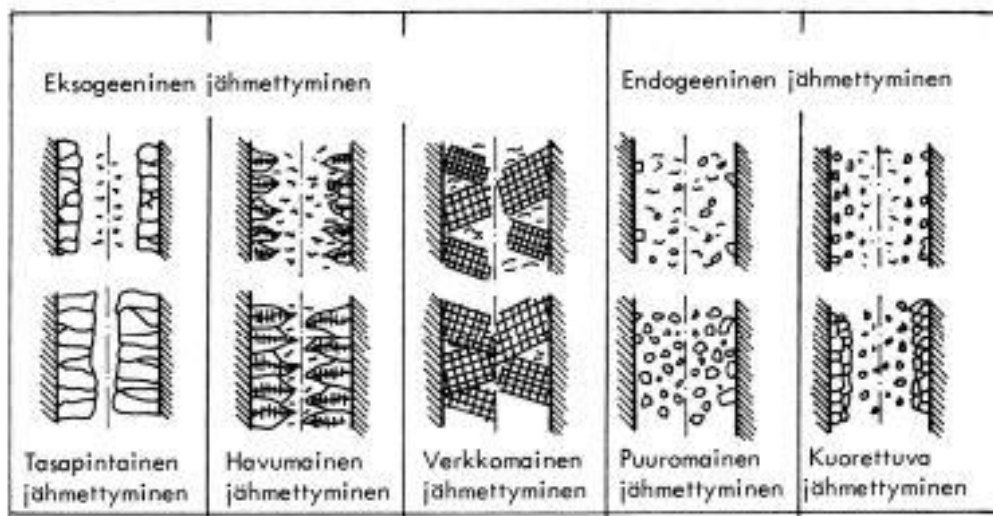


Figure 1. Schematic illustration of the solidification of metal in a mold.

Kuva 4. Metallin jähmettymisen eteneminen muotissa. (Foundry manual s.7)

Metallin jähmettymistapa on voidaan jakaa eksogeeniseen tai endogeeniseen jähmettymiseen sen perusteella, eteenkö metallin jähmettyminen muotin seinämistä lähtien, vai tapahtuuko jähmettymistä myös sulan metallin sisällä olevissa kohdissa. Valukappaleen paksut kohdat jähmettyvät hitaammin kuin ohuet. Näihin kohtiin syntyy ainevajausta, ellei kappaleeseen syötetä sula- ja kiteytymiskutistuman vastaavaa määrää sulaa metallia. Kohdat jotka ovat jääneet vajaaksi, aiheuttavat imuvikoja. Muotin valujärjestelmä suunnitellaan siten, että mahdolliset imukohdat jäisivät syöttökupuihin, ja itse kappale olisi tiivis. Imua voi esiintyä avoimuina, imuonteloina, imuhuokoisuutena ja kulmaimuna.

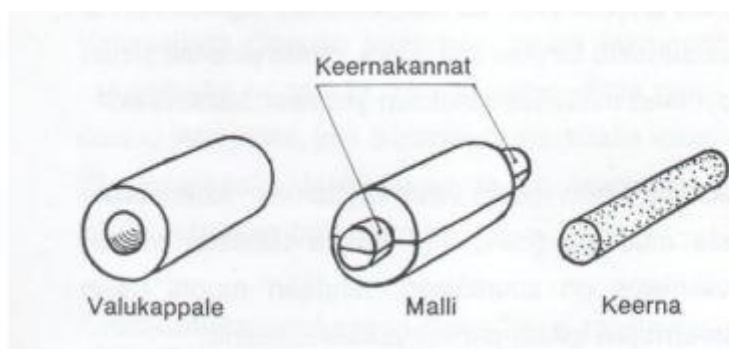


Kuva 5, kiteytymistapojen jaottelu. (Autere ym. s.74)

Sulan metallin syöttäminen on huomattavasti helpompaa tasapintaisesti jähmettyvästi kuin havumaisesti tai kuorutettavasti jähmettyvien valumetallien. Kaikista vaikeimmin syötettäviä valumetalleja ovat puuromaisesti tai verkkomaisesti jähmettyvät, kuten esimerkiksi alumiiniseokset. (Autere ym. s.73-76)

3.1.8 Keernat

Kappaleita joilla tehdään valumallin sisäpuolen muodot, reiät ja onkalot kutsutaan keernoiksi. Keernat valmistetaan hiekkaseoksesta, joka kovetetaan haluttuun muotoon tarkoitukseen valmistetussa keernalaatikossa. Valutekniikan kehittyessä keernoja on myös alettu käyttää myös kaavauksen apuna. Monimutkaisia kappaleita valmistettaessa on keernojen käyttö välttämätöntä toivottujen muotojen saavuttamiseksi. Keernojen avulla voidaan parantaa valukappaleen pinnanlaatua, mittatarkkuutta, helpottaa kaavausprosessia, vähentää valuvirheitä, valaa ohuempiseinäisiä kappaleita, ja niin edelleen.



Kuva 6, havainnollistava esimerkki keernasta. (Keskinen s.20)

Yleensä keernojen käyttö nostaa kappaleen valmistuskustannuksia, joten suunnittelijan tulisi pyrkiä sellaiseen rakenteeseen, joka voidaan saavuttavaa mahdollisimman vähällä määrällä keernoja. Parhaimman ratkaisun löytämiseksi tulisi suunnittelijan olla yhteydessä valimoalan ammattilaisiin jo kappaleen luonnosteluvaiheessa, ja varmistaa onko kappale valmistettavissa valutekniikan kannalta. Jotta keernat pysyisivät muotissa tukevasti valamisen aikana, täytyy niissä olla keernakannat. Kantojen tulee sopia tarkasti muotissa niille varattuihin paikkoihin, eli keernasijoihin.

(Valuatlas Web-oppimateriaali, muotti- ja valutekniikka)

3.1.9 Sulan kaato muottiin

Valmiiksi kaavatut ja kootut muotit pyritään valamaan mahdollisimman pian valmistamisen jälkeen. Astiaa jonka avulla sulanut metalli kuljetetaan muottiin kutsutaan senkaksi. Pienemmät valukappaleet voidaan valaa samassa paikassa missä muotti on koottu, mutta suurissa valimoissa on oma valuosasto valamisprosessia varten. Valusenkka voidaan kuljettaa muotin läheisyyteen trukilla, riippuradalla tai siltanosturilla. (Autere ym. s. 393)

Matkalla sulatusuuneilta valupaikalle sulan metallin lämpötila laskee. Lämpötilavaihteluun vaikuttavia asioita ovat valusenkan täyttönopeus ja sen esikuumennus, metallimäärän suuruus, kuljetusaika, kuonapeitteen paksuus ym. Ehdottomasti suurin lämpöhäviö tapahtuu kun sulan metallin lämpö johtuu senkan vuoraukseen. Tästä syystä valuastia tulisi aina kuumentaa hehkuvan punaiseksi öljy- tai kaasupolttimella ennen valamista. (Autere ym. s.395)



Kuva 7. Erikokoisia valusenkkoja Karlstadin valimossa, Siirilä (2/15)

3.1.10 Yleisimmät valuvirheet

Valuvirheiden esiintyminen on valukappaleiden valmistuksessa erittäin todennäköistä. Valamisessa käytetty teknologia on vaikeasti hallittavissa, ja lopputulokseen vaikuttavien muuttujien määrä on suuri. Valuvikojen ennaltaehkäisy vaatii niitä aiheuttavien syiden tuntemusta, sekä kaikkien työvaiheiden oikeaoppista suorittamista.

Valuviat aiheuttavat kustannuksia ylimääräisen töiden ja hylkäyksien muodossa. Näiden lisäksi valuvirheet aiheuttavat viivästyksiä toimitusajoissa, vaarantaa toimitusvarmuutta, ja häiritsee tuotantosuunnitelmia. Jatkuvasti toistuvat valuvirheet ovat riski valimon kannattavuudelle. (Autere ym. s489.)

Sulaan rautaan liukenee moninkertainen määrä kaasuja verrattuna jähmettyneeseen rautaan. Erityisesti sulaan liuennut vety tai typpi erottuu jähmettyneestä metallista. Mikäli nämä kaasut ei pääse poistumaan muotista raudan jähmettyessä, muodostavat ne valukappaleeseen kaasukakkuloita. Perussyynä kaasuhuokosten syntymiseen on sulaan lienneen hapen reagoiminen hiilen kanssa, mikä johtaa hiilimonoksiidiin muodostumiseen. Jos CO-kuplat eivät pääse poistumaan jähmettyvästä sulasta, syntyy kaasuhuokosia, joihin vety ja happi helposti sekoittuvat lisäten huokoisuutta entisestään. Jos CO-kuplia ei pääse syntymään, jäävät muutkin kaasujen vaikutukset pieniksi. Yleisimmät valuvirheet on listattu liitteeseen 1. Suomen metalliteollisuuden Keskusliiton tekninen tiedotus 3/85

3.1.11 Jälkikäsitely

Varsinaisen valuprosessin viimeisenä vaiheena ennen laadunvalvontaa on valukappaleiden jälkikäsitely. Valukappaleiden puhdistuskustannukset muodostavat huomattavan osan kappaleen kokonaisvalmistuskustannuksista, sillä ne tehdään yleensä käsitöinä. Ainoastaan suursarjatuotannossa on jälkikäsitelyn automatisointi kannattavaa, kuten esimerkiksi autoteollisuudessa. Huonosti suunnitellut mallivarusteet, valimon virheelliset työtavat, epäsoveltuvan hiekan tai sulatustekniikan käyttö lukeutuvat puhdistusta vaikeuttaviin tekijöihin. (Autere ym. s.419)

Valmiiseen valukappaleeseen kuulumattomat valujärjestelmän osat, syöttökuvut, kanavistot, purseet, kiinni palaneet hiekat ja keernat poistetaan puhdistuksen yhteydessä. Valukkeet tulisi aina liittää suuriin pintoihin, sillä ohuisiin seiniin kiinnitettäessä syntyy irrotus vaiheessa kappaleen rikkoutumisen riski. Viimeiset valupurseet ja muut epäpuhtaudet poistetaan koneellisesti joko talttaamalla, tai hiomalla. Talttaamista käytetään yleensä silloin, kun poistettavaa materiaalia on niin paljon että sitä ei ole taloudellista poistaa hiomalla. Kappaleeseen syntyneet imuhuokoisuudet hitsataan umpeen ennen lämpökäsittelyä.



Kuva 8. Muotista purettu ja jälkikäsitelyä odottava lohko. Karlstadin valimo (Siirilä 2/15)

3.1.12 Lämpökäsittely

Lämpökäsittelyn tarkoituksena on muuttaa materiaalin ominaisuuksia, kuten sitkeyttä, lujuutta ja työstettävyyttä. Pallografiittivaluraudan valmistusketjuun kuuluu yleensä lämpökäsittely, vaikka sitä on myös mahdollista käyttää valutilallisenakin. Lämpökäsittelyn hyvät ja huonot puolet ovat seuraavat

Hyödyt	Haitat
Suurempi todennäköisyys, että valut ovat vapaita karbideista.	Lämpökäsittely aiheuttaa lisäkustannuksia
Voidaan valmistaa kaiken kokoisia ja –muotoisia valuja rautalaadusta huolimatta	Käsittelyyn saatetaan tarvita useampaa eri uunityyppiä.
Mahdollisuus valmistaa montaa eri raaka-ainetyyppiä.	Vaara kappaleen vääristymisestä tai mittavaihteluista.
Sulatustarkkailun määrä vähenee	Valukappale saattaa hilseillä
Lämpökäsittely pallografiitti on asiakkaan silmissä luotettavampi.	Hilseilystä johtuvat ylimääräiset puhdistuskustannukset.

Taulukko 1. Lämpökäsittelyn hyödyt ja haitat

Lämpökäsittely on sarja kuumennus- ja jäähdytysvaiheita, joiden tarkoituksena on antaa käsiteltävälle materiaalille sille haluttuja ominaisuuksia. Pallografiitille on lämpökäsittelyn tavoitteena taata tasalaatuinen mikrorakenne, parantaa lujuusominaisuuksia, kulumiskestävyyttä ja lisätä työstettävyyttä.

(Valuatlas Web-oppimateriaali, lämpökäsittely.)

3.1.13 Maalaus

Valukappaleet joutuvat yleensä ympäristöolosuhteisiin, joissa ne altistuvat korroosiolle. Syöpymisilmiöiden vähentämiseksi kappaleet joudutaan useissa tapauksissa suojaamaan erilaisilla pinnoitteilla. Valimo-olosuhteissa on tavallista että kappaleelle suoritetaan vaan pohjamaalaus, jotta kappaleella olisi riittävä korroosiosuoja lopulliseen maalaukseen asti. Nykypäivänä on myös yleistä että valimot suorittavat maalaustoimenpiteet alihankintana. (Autere ym. s.466)

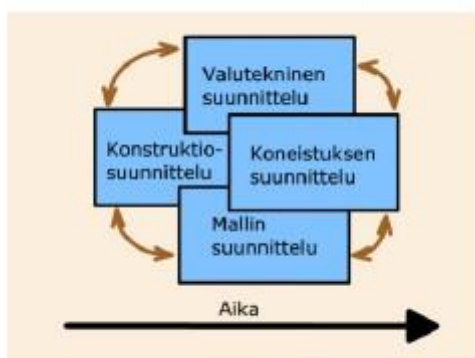
Ruostumisen ehkäisemiseksi on tärkeää että maali levittyy kappaleen pinnalle tasaisesti. Rakeinen tai paakkuinen maalikerros suojaa valukappaleen huonosti, mikä johtaa usein korroosio-ongelmiin. Maalattavana kappaleena on moottorilohko erittäin haastava vesi- ja öljykanaviensa vuoksi, mikä aiheutti lohkojen ruostumista.

3.2 Rinnakkaissuunnittelu

Perinteisellä suunnittelumenetelmällä suunnitteluvaiheet tapahtuvat peräkkäin. Vasta kun ensimmäinen porras on saanut ratkaisunsa valmiiksi, voi seuraava osapuoli aloittaa työskentelynsä. Tämän seurauksena on kehitystyön edellisissä vaiheissa tehty kriittisiä ratkaisuja, jotka vaikuttavat ratkaisevasti seuraaviin vaiheisiin ilman, että nämä olisivat voineet esittää omia näkemyksiään asiasta. Jälkikäteen tehdyt muutokset hidastavat prosessia ja nostavat suunnittelukustannuksia merkittävästi. Kyseinen menettelytapa johtaa kehitysaikojen pidentymiseen, kasvaviin kehittelykustannuksiin, muutoksien tarpeeseen ja ajoittain myös muutosvastarintaan.

Suunnittelutyö voidaan myös toteuttaa rinnakkain, jolloin työvaiheet ovat limittäin, jolloin vielä ensimmäisen vaiheen ollessa käynnissä seuraava vaihe käynnistyy. Tällöin suunnittelutyötä voidaan tehdä yhteistyössä, ja toteuttaa seuraavia vaiheita helpottavia muutoksia. Rinnakkaissuunnittelun onnistumiselle on olennaista sujuva tiedonkulku osapuolien välillä sekä CAD/CAM-tekniikan käyttö. Vaikka sähköinen tiedonsiirto mahdollistaa suunnittelun etäällä, ei tule unohtaa kasvotusten tapaamisen tärkeyttä.

Rinnakkaissuunnittelulla on myös omat varjopuolensa. Valuhankkija saattaa pelätä liiallista sitoutumista tiettyyn toimittajaan, tai kustannusten nousua kilpailuttamisen vähentyessä. Lisäksi voidaan kokea että valun suunnittelu ulkoistetaan, eikä sitä pidetä enää omana. (Weboppimateriaali, Rinnakkaissuunnittelun periaatteet)



Kuvio 4. Rinnakkaissuunnittelun periaate. (Valuatlas Web-oppimateriaali, rinnakkaissuunnittelun periaatteet)

3.3 Laatu & laadunvalvonta

Laadunvarmistuksen periaate on että laatu syntyy valmistamalla, eikä tarkistamalla. Vastuu laadun luomisesta on itse työn suorittajalla, ja tarkastajan tehtävä on todeta sen laatu, verrata sitä vaatimuksiin ja ehdottaa parannustoimenpiteitä.

Valmiin valukappaleen laadun määrittää sen kemiallinen koostumus, mikrorakenne, lujuus, kovuus, mittatoleranssit ja niin edelleen. Itse kappaleen laadun lisäksi on ostajalle tärkeää toimituksen laatu, kuten toimitusaika ja toimitusvarmuus. (Autere ym. s487)

Valukappaleiden silmämääräinen tarkastus tapahtuu yleensä ilman suurempia apuvälineitä. Mikäli valukappaleessa on paljon onkaloita ja vaikeita muotoja, on taskulampun ja peilin käyttö suotavaa. Ensimmäinen tarkistus tulisi suorittaa heti muotin tyhjennyksen jälkeen. Tässä vaiheessa voidaan jo havaita pahimmat viat, ja arvioida kannattaako kappaletta jatkokäsittellä. (Autere ym. s.490)

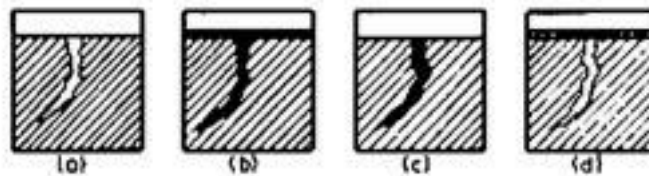
Valukappaleen mittatarkistuksessa todetaan, että se täyttää sille asetetut mitat ja toleranssit. Tarkistuksessa käytetään mekaanisia mittavälineitä, kuten työntömittaa, mikrometriä ja tulkkeja, optisia ja ultraäänilaitteita. Yksikään valukappale ei ole täydellisesti nimellismittainen. Kappaleen mittavirheisiin vaikuttaa suuri joukko tekijöitä, kuten esimerkiksi kappaleen koko, valulämpötila, kaavausmenetelmä, muotin ja keernojen kestävyys ja mallivarusteiden tarkkuus. Valukappaleissa käytetään yleisesti CT-toleransseja, jotka määrittelevät kappaleisiin liittyvät mittatoleranssit. (Autere ym. s.492)

3.3.1 Rikkomattomat laadunvalvontamenetelmät

Valukappaleiden laatua tutkitaan rikkomattomilla ja rikkovilla menetelmillä. Rikkomattomissa menetelmissä valukappale ei vaurioidu, mutta esimerkiksi kappaleen lujuuden, iskusitkeyden tai väsymiskertoimen selvittäminen vaatii kappaleen vahingoittamista. Rikkovia menetelmiä käytetään yleensä erikseen valettuihin tutkimuskappaleisiin.

3.3.2 Tunkeumanestetarkastus

Tunkeumanestetarkastusta hyödynnetään kappaleen pintaan avautuvien vikojen havaitsemisessa. Menetelmä soveltuu kaikille metalleille sulautumavikojen, pintarakkuloiden ja repeytymien tarkistamiseen. Tunkeumanestettä levitetään tutkittavalle pinnalle, jossa se tunkeutuu epäjatkuvuuskohtiin. Levityksen jälkeen ylimääräinen tunkeumaneste poistetaan, ja pinta peitostetaan kehitekerroksella. Jäljellä oleva tunkeumaneste imeytyy peitoskerrokseen, paljastaen poikkeamakohdat. Viat erottuvat voimakkaana värinä, ja imeytymisen ansiosta voidaan silmämääräisesti todeta jopa 1-5 mikrometrin halkeamia. Tunkeumaneste on laadunvalvontamenetelmänä halpa, yksinkertainen ja tarkka eikä kappaleen koolla, muodolla tai materiaalilla ole väliä. Menetelmän haittapuolina ovat, että se rajoittuu vain pintavikojen tarkasteluun, sekä sitä ei voi käyttää suurilla pinnankarheuksilla. (Autere ym. s494)

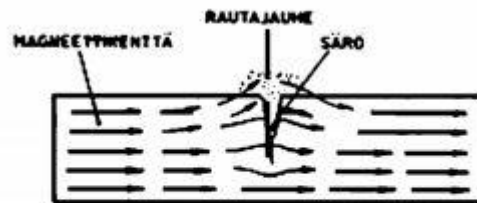


Kuva 555. Tunkeumanestetarkastuksen periaate a) pinta puhdistettuna, b) tunkeumaneste levitettynä, c) ylimääräinen tunkeumaneste poistettuna, d) tunkeumaneste kehitteeseen imeytyneenä.

Kuva 9, Tunkeumanesteen toimintaperiaate. (Autere ym. s.494)

3.3.3 Magneettijauhetarkistus

Magneettijauhetarkastusta käytetään pinnassa tai pinnanläheisyydessä sijaitsevien vikojen etsimiseen valukappaleista. Menetelmää voi käyttää vain magneettisilla aineilla, sillä sen käyttö perustuu magneettisen jauheen ja magneettikentän käyttöön, ja sitä käytetään Wärtsilässä mm. kiertokankipajalla. Magneettikentän epäjatkuvuuskohtat muodostavat vuotokenttiä, ja kappaleen pinnassa oleva magneettijauhe kasaantuu vastaaviin kohtiin. Havaitsevuuden helpottamiseksi on suositeltavaa levittää tutkittavaan pintaan valkoinen peittoväri ennen tarkastusta. (Autere ym. s.499)



Kuva 557. Magneettivuon kulku kappaleessa, jossa on pintasärö.

Kuva 10, Magneettijauhetarkastuksen periaate (Autere ym. s.499)

3.3.4 Ultraäänitarkistus

Ultraäänitarkastusta käytetään valukappaleiden seinämäpaksuuksien ja sisäisten vikojen havaitsemiseen. Lisäksi ultraäänellä voidaan tutkia valurautojen lujuusominaisuuksia ja mikrorakenteita mittaamalla äänen etenemis- tai vaimennusnopeutta. Ultraäänitarkastus perustuu äänen värähtelyyn, jonka taajuus ylittää ihmiskorvan kuuloalueen. Valukappaleita tarkistettaessa käytetään yleisesti 0,5..5 MHz, pienemmillä taajuuksilla saadaan äänelle hyvä läpäisykyky, ja suuremmilla hyvä muoto poikkeaminen erotuskyky. Menetelmää käytettäessä on lähettimen ja menetelmän väliin levitettävä nk. KytKentäainetta, kuten esimerkiksi vaseliinia. (Autere ym. s.503)

3.4 Dieselmoottorin runko

Moottorin lohko sulkee sisälleen moottorin liikkuvat osat, sekä muodostaa sisälleen suljetun kampikammion. Lohkon rakenteeseen vaikuttaa lukuisat asiat, kuten sylinterien määrä, niiden koko, sylinterijärjestys, jäähdytystapa ja käytetty materiaali. Wärtsilän valmistamissa moottoreissa sylinterit ovat aseteltu rivi- tai V-muotoon. Rivimoottoreissa sylinterit ovat yhdessä linjassa ja V-muodostelmassa sylinterit ovat kallistettu lohkon molemmille puolille. Jälkimmäisenä mainittuun menetelmään voidaan sovittaa huomattavasti enemmän sylintereitä lohkon pituussuunnassa.

Suuren kokonsa vuoksi moottoreissa on lohkon molemmilla sivuilla luukut jokaisen kampi- ja nokkakammion kohdalla huoltotoimenpiteitä varten. Kammioiden ja sylinteriporauksien lisäksi lohkoon on sisällytetty kanavat ilman, veden ja öljyn kierrolle. Moottorin runko toimii myös kiinnitysalustana toiminnankannalta välttämättömille apulaitteille, kuten polttoaineenruiskutuspumpeille, suodattimille, pakosarjoille ja nin edelleen. Kokoonpanon loppuvaiheessa lohkon pohjaan asennetaan öljypohja, joka toimii valmiin moottorin jalustana.

Moottorin ollessa käynnissä kohdistuu runkoon suuria määriä erilaisia rasituksia, kuten vääntöä, vetoa, taivutusta sekä liikkuvien osien hitausvoimista johtuvia rasituksia. Lohkolta vaadittava pääominaisuus on sen jäykkyys, jotta siihen ei syntyisi rasituksen aiheuttamia muodonmuutoksia. Erityisen kriittisiä alueita deformaation kannalta ovat sylinterien poraukset tai kampiakselin laakerointi. (Kleimola ym. s124-125)



Kuva 11, V-koneen lohko piirrotuspaikalla (Siirilä 3/15)

3.5 Lohkon valaminen

Lohko on valettavana kappaleena erityisen hankala, sen suuren koon ja sisäpuolen muotojen vuoksi. Erityisesti vesi-, öljy-, ja ilmakeinavien keernojen liike sulaa valua kaadettaessa tuotti vaikeuksia, joka johti jatkuvasti mittavirheisiin.

Riippuen lohkon koosta, se voitiin valaa joko tavalliseen muottiin tai permantoon, eli monttuun. Erityisesti runsassylinteriset V-mallin lohkot valettiin permannossa, mutta pienemmät rivimoottorit kyettiin valmistamaan lattialla muotissa. Rivi ja V-moottorit valettiin eri asennoissa ja erilaisin kaavauksin, mistä johtuen molemmissa oli toisistaan poikkeavia ainevikoja erilaisissa paikoissa. Kaavaus myös vaihteli valimoittain, mistä johtuen toisilta toimittajilta tulleilta valuissa oli toisistaan poikkeavat ongelmat.

Moottorilohkon valu koostui pääasiassa kampikammioista tehdyistä keernapaketeista, sekä kanaville tehdyistä keernoista. Kun keernapaketit oli aseteltu muottiin, se suljettiin ja siihen lisättiin kaasuputkia. Kuvassa 12, näkyy valmiiksi koottu rivimoottorin muotti. Muotin yläosassa näkyy yksi kaatokanava, ja useita kaasuputkia. Putkien tarkoitus on päästää johtaa valamisessa syntyvät kaasut ulos muotista, jotta sen sisälle ei syntyisi valuvirheitä.



Kuva 12, kokoonpantu muotti valimolla (Siirilä 2/15)

3.6 Lohkon kulku verstaalla.

Kun lohko saapuu verstaalle, se viedään ensiksi piirrotuspaikalle. Paikalla mitataan valun työstövarat, josta se jatkaa koneistukseen. Mikäli lohkoissa ilmenee poikkeamia, se mitataan Metronor 3D-mittauslaitteella. Koneistuskeskuksia on kolme, ja lohko koneistetaan useammassa vaiheessa. Tämän jälkeen lohko pestään koneistuksessa syntyneestä lastusilpusta, ja se siirretään käsityöpaikalle. Lohkosta poistetaan jäysteet ja siihen asennetaan kampiakselin satulat, jonka jälkeen se hienoajetaan ja suoritetaan koneistuksen jälkeinen laaduntarkastus. Tarkistuksen jälkeen lohko loppupesetään, koeponnistetaan ja kuljetetaan kokoonpanoon. Koeponnistuksessa kappaleen vesi ja öljykanaviin pumpataan vettä, jolloin tarkistetaan onko kanavat tiiviit. Vaasan tehtaalla on kaksi kokoonpanoyksikköä, linja- ja pilottikokoonpano. Linjakokoonpanossa lohkoa kuljetetaan työpisteeltä toiselle, kun pilotissa moottori kootaan suurimmaksi osaksi samalla paikalla. Kokoonpanon jälkeen moottorit siirretään koeajoon, jonka jälkeen ne maalataan ja toimitetaan asiakkaalle.



Taulukko 5. Lohkon kulku verstaalla.

3.7 Koneistuksen jälkeinen laadunvalvonta

Verstaalla on kolme lohkon tarkastuspaikkaa, yksi jokaista työstökeskusta kohden. Lohkon saavuttua tarkastuspaikalle tarkistetaan hydraulisten kannatinpukkien paineet, jotta lohko olisi tasaisille alustalla. Mikäli pukeissa on toisistaan poikkeavat paineet se kasvattaa mittavirheiden mahdollisuutta. Tarkastuspaikoilla oli lohkon molemmin puolin henkilönostimet, jotta lohkon yläosan voi tarkastaa vaivattomasti.

Ensimmäisenä suoritetaan tärkeimmät mittaukset joihin kuului runko- ja nokka-akselien suoruudet, sylinteriporausten ylä- ja alahalkaisijat, nokka-akselin laakeripesien halkaisijat sekä lopuksi sylinteriporausten kohtisuoruuden mittaaminen. Tämän jälkeen suoritetaan yleistarkistus, jossa lohko tarkistetaan läpikotaisin. Yleistarkistus suoritetaan enimmäkseen visuaalisesti, taskulamppua ja peiliä apuna käyttäen. Muihin apuvälineisiin kuului erilaiset sapluunat, mikrometrit ja mittakellot.

Tarkastuksen aikana kirjataan ylös löydetyt viat, jotka jaoteltiin koneistus-, käsityö- ja ainevikoihin. Vikojen toiminnanohjausjärjestelmään syötön yhteydessä niihin kirjoitettiin myös korjausohjeet, ja lopuksi vikailmoitukset tulostettiin ja kiinnitettiin magneetilla lohkon kylkeen.

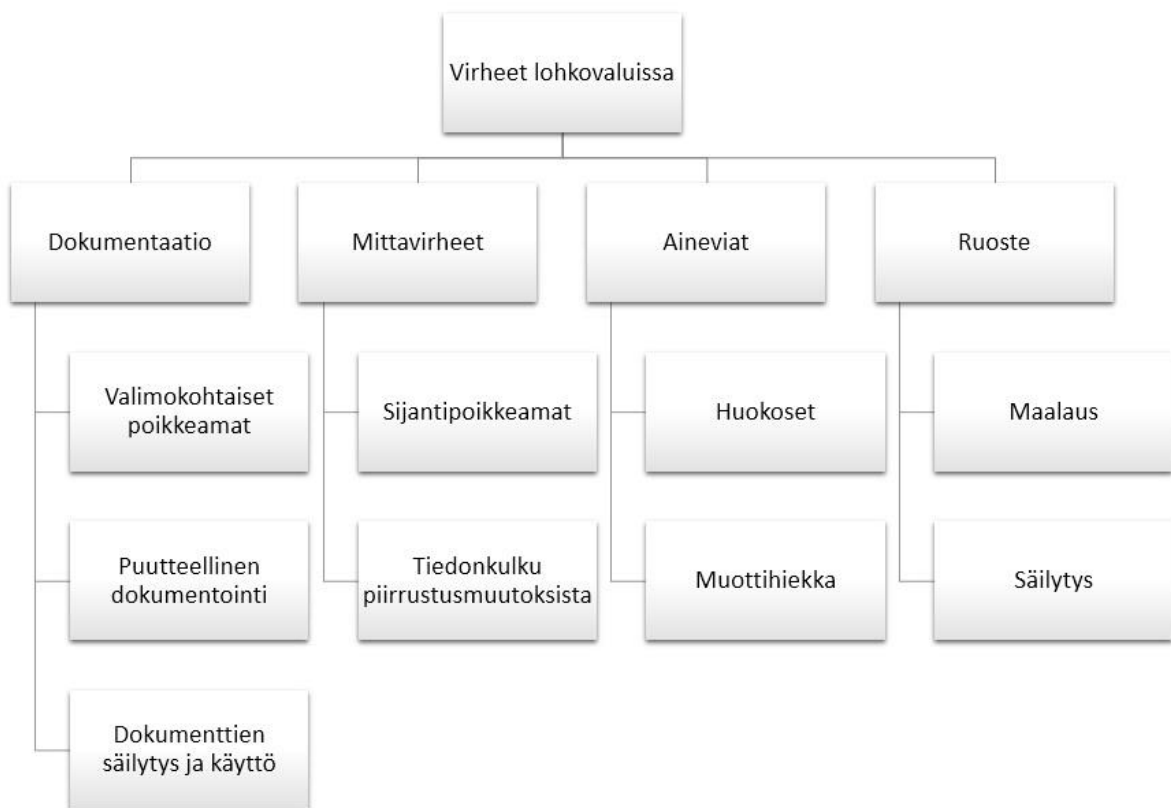


Kuva 13. Tarkastuspaikalla oleva rivikoneen lohko, (Siirilä 8/13)

4 Lohkovaluun liittyvät ongelmat

4.1 Yleistä

Opinnäytetyön edetessä lohkoista ilmeni jatkuvasti uusia vikoja, jotka on eritelty alla olevaan vikapuuhun. Selvitystyön jälkeen aluetta rajattiin koskemaan enimmäkseen lohkoihin liittyvää dokumentointia, sillä kaikkien vikojen korjaamiseen ei yksinkertaisesti ollut aikaa. Dokumentoinnin ohella keskityin omassa työssäni mittavirheiden syiden selvittämiseen ja niiden ennaltaehkäisyyn. Wärtsilä tilaa moottorilohkonsa usealta eri valimolta, ja jokaisella niistä oli omat laatuongelmansa. Ainevikojen korjaaminen vaatii laajaa metallurgista osaamista, joten niihin ei tässä opinnäytetyössä yritetty korjata.



Taulukko 6, Lohkovaluissa ilmenneet ongelmat.

4.2 Dokumentaatio ja sen parannus

Dokumentaatio poikkesi suuresti eri valimoiden välillä. Wärtsilän omassa laatuohjeessa on kerrottu tarkasti minkälaisia mittauspöytäkirjoja lohkovalusta odotetaan, mutta siitä huolimatta dokumentointi oli puutteellista. Lisäksi jokaisella valimolla oli oma dokumenttipohjansa, jolla ne toimittavat mittatiedot ja muun pyydetyn informaation lohkoista. Tämä teki lohkovaluista annettujen tietojen vertailusta hidasta ja epäselkeää.

Myös valimoiden omat varustukset eroavat suuresti toisistaan. Toisilla valimoilla oli kehittyneet 3D-mittauslaitteet, kun toiset mittasivat lohkoja työntömittaa ja ultraääntä käyttäen. Tästä johtuen kaikki valimot eivät pystyneet toimittamaan kaikkia heiltä pyydettyjä mittatuloksia.

Kevään aikana selvitettiin, mitä kaikkia dokumentteja valimot tekevät, ja miksi ohjeen mukainen raportointi oli puutteellista. Dokumenttien puute johti myös epäilyyn, suorittaako valimot pyydettyjä mittauksia lainkaan. Syy ongelmien takana oli tiedonkulun puute, ja dokumentteja pyydettyä valimot alkoi toimittaa ne automaattisesti lohkon toimituksen yhteydessä. Lisäksi tutkittiin onko standardisoidun dokumenttipohjan luominen mahdollista. Jokaisella valimolla oli omat dokumenttipohjansa ja järjestelmänsä sen luomiseen, ja uuden oman lomakkeen tekeminen ei saanut tutkimus- ja tuotekehitys yksikön kannatusta, sillä samat tiedot olivat mahdollista löytää jo olemassa olevista dokumenteista. Uuden dokumenttipohjan luominen olisi tuonut tarpeettomia kustannuksia

4.3 Laatuohjeen päivitys

Wärtsilällä on käytössä lukuisia eri laatuohjeita. Kullakin komponentilla tai toimenpiteellä oli oma laatuohjeensa, kuten esimerkiksi moottorilohkolla oli omat valamiseen, koneistukseen ja laadunvalvontaan liittyvät ohjeet. Keväällä 2015 Wärtsilä alkoi käymään läpi moottorin kriittisten komponenttien laatuohjeita, ja etsimään mahdollisia päivityksen kohteita. Laatuohjeita on kuitenkin ollut laatimassa suuri henkilöstö, ja ne on ollut voimassa usean vuosikymmenen ajan, joten ne ovat jo valmiiksi hyvin pitkälti loppuun mietittyjä.

Siitä huolimatta kehitettävää kuitenkin löytyi, ja yksi parannettava kohde oli lohkovalujen merkintä. Valun kylkeen merkitään valimon tunnus, juokseva numero, mallin numero, käytetyn materiaalin tunnus ja piirustusnumero. Kaikki valimot eivät kuitenkaan merkkää lohkon kylkeen piirustusnumeron reviisiota, ja pitkien varastointiaikojen vuoksi oli vaikeaa saada selkeyttä milloin lohko oli valettu, ja millä piirustusreviisiolla. Tuotannossa käytetään tuoreinta piirustusversiota ellei toisin ilmoiteta, ja tämä aiheutti satunnaisia koneistusvirheitä, kuten esimerkiksi läpimeneviä kierreikiä. Laatuohjeeseen päivitetyt muutokset mukaan lohkoisiin tulisi merkitä valuaika kuukauden tarkkuudella, ja millä reviisionumerolla kyseinen kappale on valettu. Tämä helpottaa lohkon seurattavuutta huomattavasti, ja koneistus kykenee helpommin työstämään kappaleen oikean reviision mukaisesti.

Muita ohjeista löytyneitä ongelmia oli mittapoikkeamat mittauspöytäkirjassa, sekä virheelliset mittapöytäkirjojen dokumenttinumerot. Lisäksi tutkittiin olisiko syytä päivittää Wärtsilän maalauksen liittyviä ohjeita, jolla voitaisiin ennaltaehkäistä lohkojen ruostumista varastossa.

4.4 Selvitys piirrotuksen nykytilanteesta

Yksi opinnäytetyöhön liittyvistä teemoista oli selvittää, voiko valimon suorittamia mittaustuloksia käyttää hyödyksi tuotannossa. Valimoiden oma mittauskalusto poikkesi toisistaan suuresti, mikä näkyi toimitetutuissa dokumenteissa. Laatuohjeessa määritellyt mitattavat kohdat koskivat lähinnä erilaisia seinämäpaksuuksia, ja piirrotuspaikan työntekijöitä mukaan valimon suorittamia mittauksia ei juurikaan käytetä verstaalla. Ohessa kysyttiin voisiko valimolla suorittaa mittauksia jotka helpottaisi piirrottajien työtä verstaalla, mutta se todettiin piirrottajien toimesta tarpeettomaksi. Myös R&D-osaston mielestä lohko-verstaan piirrotuskalusto on laadukas, ja piirrottajien tietämys kokoonpano- ja koneistusvaiheista koettiin eduksi. Lohkovalu piirrotetaan samassa kiinnityspaletissa josse se koneistetaan, jolloin koneistuksen nollapiste on helppo määrittää.

Vastarinnasta huolimatta selvitystyötä piirrotusmuutoksista jatkettiin. Wärtsilässä on pohdittu, että komponenttien mittaaminen ei ole yrityksen ydinosaamista, ja tavarantoimittajan tulisi itse olla vastuussa kappaleidensa mittojen oikeellisuudesta. Opinnäytetyön kirjoittamisen hetkellä kaikilla V-koneiden lohko-toimittajilla oli laitteisto ja kapasiteetti piirrottaa lohkot jo valimolla, ja W46-kokoluokan moottorilohkoissa on siirrytty jo valimon tekemiin piirrotuksiin. Osa valimoista käyttää 3D-mittakonetta lohkon laadunvalvonnassa, joka vertaa lohkoista saatuja mittoja 3D-malliin ja ilmoittaa mittapoikkeamat. Samoja mittaustuloksia voisi käyttää vaivattomasti koneistuksessa, mutta tällä hetkellä kaikki valimot eivät kykene tarjoamaan palvelua.

Piirrotuksen alihankintana tilaaminen nopeuttaisi lohkon läpimenoaikaa, ja se tulisi yritykselle todennäköisesti edullisemmaksi kuin piirrotuspaikan ylläpito. Mahdollisia ongelmia saattaisi ilmetä poikkeavissa mittaustavoissa ja piirrotuspaikan työntekijöiden uudelleen sijoittamisessa. Mahdollinen ensimmäinen askel siirryttäessä alihankintaiseen piirrotukseen voisi olla tilata V-koneiden lohkot piirrotettuina, ja tutkia tilanteen kehitystä voisiko sitä laajentaa myös rivikoneiden lohkoihin.

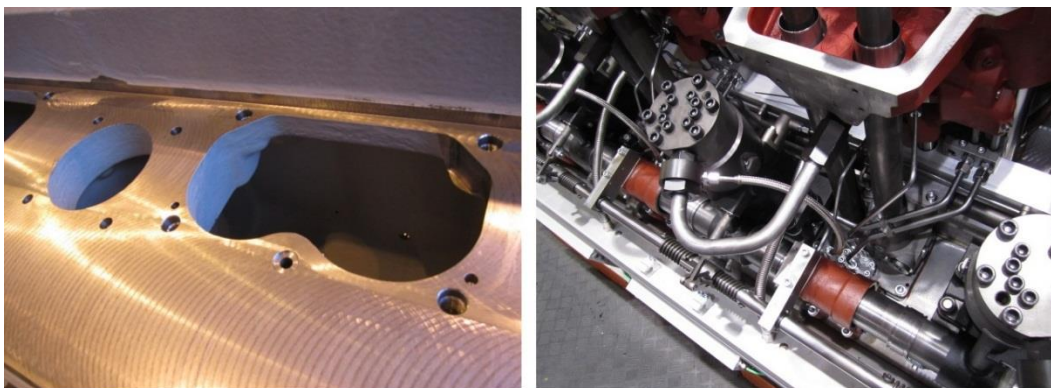
4.5 MITTAVIRHEET

Yleisimmät mittavirheet tapahtuivat rivimallien lohkoissa. Keernojen liike valuvaiheessa aiheutti mittapoikkeamia ilmatilan- ja nostajanaukoissa. Lisäksi alati ilmenevä ongelmia oli vesikanavien rei'issä. Ongelmat nostajanaukon ja vesikanavan reikien kanssa selvitettiin piirustusmuutoksella. Muita yleisiä mittapoikkeamia ilmeni ilma-aukkojen ja nokka- ja kampiluukkujen tiivistepinnoilla.

4.5.1 Nostajanaukko

Nostajanaukko sijaitsee lohkon pumppuhyllyllä, ja nostajanpaketti säätelee moottorin ilmanottoa nokka-akselin ja sylinterinkannen avulla. Nostajan-aukot tutkitaan koneistuksen jälkeisessä laadunvalvonnassa tulkkia käyttäen, jolla todennetaan onko reiän ympärillä tarpeeksi materiaalia tulevaa tiivistepintaa varten.

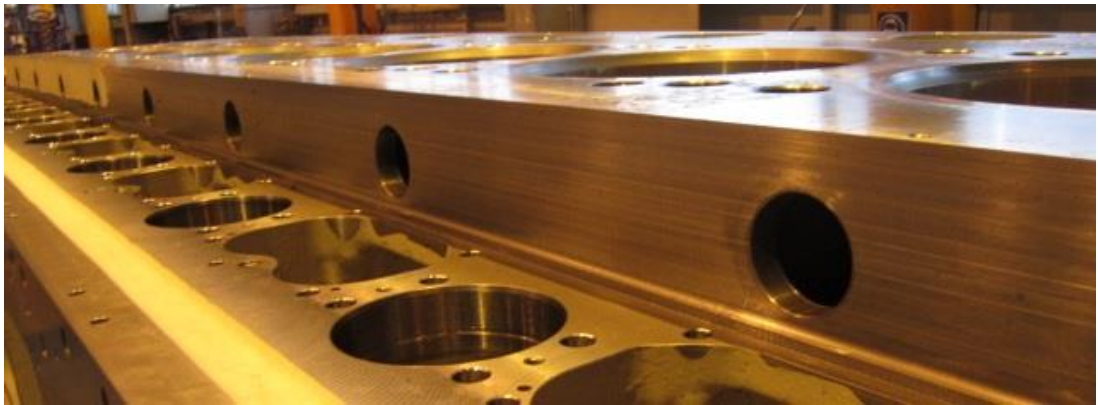
Nostajapaketin koneistusta muutettiin siten, että siihen voidaan asentaa parempi sokka. Nykyisin käytössä oleva putkisokka tullaan korvaamaan koenigtulpalla, jolloin nostajan paketin reiän reunassa ei tarvita enää niin suurta tiivistepintaa. Nostajapakettissa on myös valettuja osia, joten pelkän koneistuksen ja tulpan muuttaminen oli helpoin ratkaisu, sillä ongelman voitiin ratkaista talon sisäisesti ilman valumittojen muuttamista.



Kuva 14, Nostajan aukko lohkoissa ja nostaja paketti asennettuna (Siirilä 4/15)

4.5.2 Vesikanavien reiät

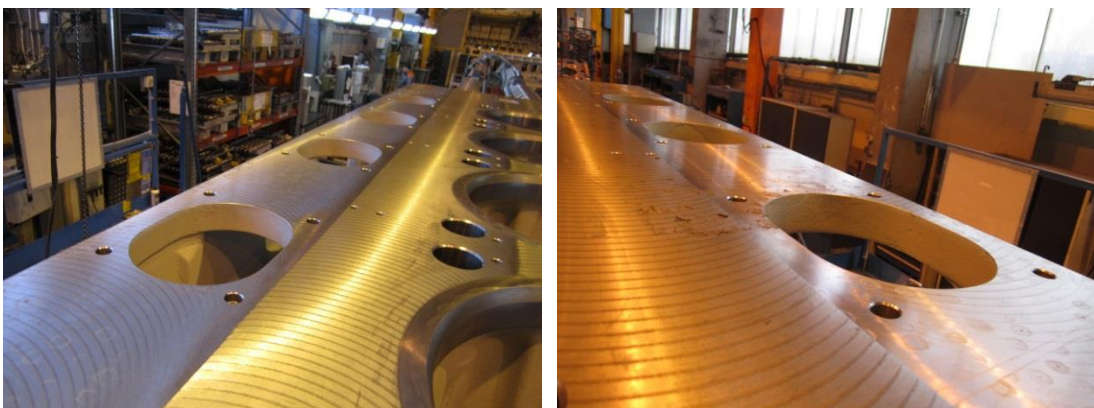
Vesikanavien reikien työstövarat olivat verrattain pieniä, mistä johtuen ne eivät aina auenneet koneistuksessa puhtaaksi. Valupiirustuksessa oleva mitta oli suhteellisen lähellä koneistettua mitta, joten reiät oli käytössä olevien CT -toleranssialueen sisällä siitä huolimatta, että ne eivät koneistuneet kunnollisesti. Ongelma ei sinänsä ollut suuri, ja ylimääräinen materiaali oli hiottavissa pois verstaan omilla työkaluilla, mutta se oli helposti ennaltaehkäistävässä. Vesikanavan reikien valumitasta tehtiin muutosehdotus R&D:lle, joka lisätään muiden koottujen muutosehdotuksien mukana uuteen piirustusreviisioon.



Kuva 15. Rivikoneen vesikanavan reiät (Siirilä 4/15)

4.5.3 Ilma-aukot

Eräällä valimolla oli jatkuvasti vaikeuksia ylätasen ilma-aukkojen kanssa. Tapaamisessa valimon henkilökunnan kanssa sovittiin että he tekevät muutoksia ilmatilan keernaan, ja kokouksen jälkeen valetuissa lohkoissa oli havaittavissa huomattavaa parannuksia.



Kuva 16, Rivikoneen ilmanottoaukot (Siirilä 4/15)

4.5.4 Nokka- ja kampiluukut

Edellä mainitun valimon vieraillessa Wärtsilän verstaalla selvitimme, kuinka lohkojen laadunvalvontaa voisi kehittää jo valimolla. Nokka- ja kampikammioiden luukkujen suussa ilmenee ajoittain mittapoikkeamia, jotka korjataan myös hitsaamalla. Verstaalla mittojen tarkastus suoritetaan tarkoitukseen tehdyillä tulkeilla, joista näkyy selkeästi mihin tuleva tiivistepinta asennetaan. Verstaalla tulkki sijoitetaan paikoilleen luukun kulmissa olevien porauksia avulla, mutta valimo lupasi kehittää omanlaisen versionsa tulkista, sillä edellä mainitut poraukset tehdään vasta koneistusvaiheessa. Mikäli kyseiset viat saataisiin korjattua jo valimolla, säästyttäisiin ylimääräisiltä



kustannuksilta.

Kuva 17, Rivikoneen kampi- ja nokkaluukut, oikealla nokkaluukun tulkki (Siirilä 4/15)

4.5.5 Ilmatilan ruuvipussit

Piirustusmuutoksessa lisättiin ilmatilaan ruuvipussit, sillä eräs moottorityyppi vaati ylimääräiset ruuvinreiät komponenttien kiinnitystä varten lohkon ylätasoon. Muutos tuli tehdä kaikkiin tuleviin lohkoihin yhteensopivuuden vuoksi, sillä tiettyä moottorimallia varten oli turha valmistaa omia kearnavarusteita. Ruuvipussien puute ilmeni moottorityypin yleistyessä, ja valimoa informoitiin asiasta. Valimo oli aikaisemmin ilmoittanut raportissaan jo tehneensä piirustusmuutoksessa vaaditut toimenpiteet, mutta siitä huolimatta ruuvipussit puuttuivat, ja kyseisen ilmoituksen jälkeen lohkoja oli valettu kymmeniä.



Kuva 18, Vasemmalla läpi menneet poraukset ilmatilaan, oikealla miltä ruuvipussin tulisi näyttää (Siirilä 4/15).

4.5.6 Tiedonkulku valupiirustusmuutoksessa

Suuressa organisaatiossa ja useiden alihankkijoiden kanssa toimiessa piirustusmuutos on monimutkainen prosessi. Aikaisemmin tutkimus- ja tuotekehitys on tehnyt muutoksia kysymättä valimoiden mielipidettä asiasta, mikä on ajoittain aiheuttanut valimolla vaikeuksia, sillä muutos ei välttämättä ole ollut valutekniikan kannalta edullinen. Tänä päivänä kuitenkin mahdolliset muutokset tiedustellaan etukäteen valimolta, ja paljonko sen tuomat mahdolliset kustannukset olisivat. Valimon annettua hyväksyntänsä mahdollisiin muutoksiin tutkimus- ja tuotekehitysyksikkö keräävät muutosehdotukset uuteen revisioon, jonka jälkeen se julkaistaan ja otetaan käyttöön.

4.6 Ruoste

Pitkistä lohkojen toimitusajoista johtuen lohkoja täytyy pitää ennusteista johdettu määrä varastossa. Perättäisesti valuttujen lohkojen käyttöä pyritään välttämään, sillä mikäli valamisen yhteydessä on jäänyt jokin vika huomaamatta ja se toistuu jatkuvasti seuraavissa lohkoissa, sama ongelma ei ilmene tuotannossa. Tästä järjestelystä johtuen osa lohkoista on varastoituna pitkiä aikavälejä, mikä ajoittain johtaa ruostumiseen. Syitä ruostumisen taustalla on lukuisia. Lohko on kappaleena äärimmäisen vaikeasti maalattava, ja tasaisen maalikerroksen levittäminen koko kappaleeseen on haastavaa. Maalilla on taipumus lähteä lohkoilemaan ohuemmista kohdista, mikä johtaa ruostumiseen. Muita ruostumiseen ja maalin rikkoutumiseen altistavia tekijöitä on lohkon siirtely yhteydessä aiheutuneet kolhut, valimolta kulkeutunut metallipöly ja ennen maalausta pinnalle jäänyt UV-tarkastuksen kytkentäaine.

Mahdollisia ratkaisuja ongelman ennaltaehkäisemäksi on, että lohko pakattaisiin muoveihin valimolla, jolloin se ei altistuisi varastossa suurille kosteusvaihteluille. Lisäksi valimot pyrkivät kehittämään omia maalausprosessejaan paremmiksi. Kevään aikana käytiin myös keskusteluja lohkojen mahdollisesta säilyttämisestä valimoiden tai alihankintakoneistajan tiloissa.



Kuva 19, Lohkoja säilytyksessä, Siirilä (3/15)

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe oli monimuotoisuudensa puolesta haastava. Pelkkä lohkovalujen kehitys tarkoittaa laajaa spektriä erilaisia asioita, ja uusia ongelmia ilmeni säännöllisin väliajoin opinnäytetyön edetessä. Noin kuukauden jälkeen työn aloittamisesta rajasin mahdolliset parannuskohteet, jotka olivat ajan ja resurssien puolesta realistista toteuttaa. Tällöin myös totesin että minun on turha yrittää puuttua esimerkiksi kappaleiden imuhuokaisuuteen, sillä oma metallurginen tietämykseni ei ollut riittävää vian korjaamiseen.

Opinnäytetyötä koskevissa ensimmäisissä keskusteluissa aiheena oli lohkolinjan laadunvalvonnan kehittäminen, mutta esimieheni käytyä useita keskusteluja muiden tuotannosta vastaavien henkilöiden kanssa, aihe laajeni koskemaan nimenomaan lohkovalua ja sen kehittämistä. Alkuperäisessä aiheessa laadunvalvonnan vastuuta olisi vieritetty enemmän itse koneistajille, ja tarkastajat olisivat tehneet vain pistokokeita tai selvittäneet suurempia laatupoikkeamia.

Työ itsessään oli hyvin opettavainen, ja onnekseni ympärilläni oli useita henkilöitä joilla oli laaja tietämys aiheesta. Sain täyden tuen yritykseltä opinnäytetyön tekemiseen, ja työharjoittelusopimus mahdollisti helpon pääsyn yrityksen omiin tietokantoihin ja kommunikointiin henkilökunnan kanssa. Myös Wärtsilän oma kirjasto osoittautui erittäin kattavaksi informaationlähteeksi. Alkuvaiheessa teoriaosuus alkoi paisumaan valtaviin mittoihin, sillä koin valuvikojen taustasyiden avaamisen tärkeäksi. Ohjaajan kanssa käytyjen keskustelun jälkeen rajattiin teoriaosuuden sisältöä rankasti, ja lopulliseen versioon päätyi vain osa alkuperäisestä.

Opinnäytetyön yhteydessä teimme myös matkan Ruotsiin Valmetin valimolle Karlstadiin. Matka tuki hyvin opinnäytetyön tarkoitusta ja oli hyvin opettavainen, sillä en ollut aikaisemmin käynyt sen kokoluokan valimossa. Lopputyön jälkeen sain jatkaa yrityksessä työskentelyä laatuosaston kesämestarina, ja samalla selvittää lohkoon liittyviä keskeneräiseksi jääneitä asioita.

LÄHTEET

Yrityksen historia

<http://www.wartsila.com/en/about/company-management/history>

Wärtsilä annual report 2014. Luettu 16.2.2015

Autere, E. Ingman, Y. Tennilä, P. 1982. Valimotekniikka 1. Insinööritieto Oy

Autere, E. Ingman, Y. Tennilä, P. 1986. Valimotekniikka 2 Insinööritieto Oy.

Haastattelu Marko Riihisen kanssa, senior technical expert, supply dev 10.2.2015

Haastattelu Päivi Metsärannan kanssa, operational purchaser, 12.2.2015

Päivittäinen yhteistyö Esa Ritarin kanssa, Engine block expert

Kleimola, M. Pohjanpalo, Y. 1986. Dieselmoottori. 1981, Painokaari OY, Luettu 27.2.2015

Koivisto, K. Laitinen, E. Niinimäki, M. Tiainen T. Tiilikka, P. Tuomikoski, J. 1999, Konetekniikan materiaaloppi. 2001. Edita Oyj.

Vieralu Karlstadissa Valmetin valimolla, 2-4.2.2015

Vierailut Yllin tallilla 4.3.2015 ja 22.4.2015, maalaamo

Pohjalainen, K. 1997. Valumallit. Tampereen ammattioppilaitos, Tampere

Keskinen R. 1989. Valumetallien sulatus. Tampereen ammattioppilaitos, Tampere

Haastattelu Vuoto pia, 24.3 SQA engineer, Supplier quality 24.3.2015

Haastattelu Laine, Jarkko. Senior engine expert. 9.4.2015

Suomen valimoviesti 4/2014, artikkeli, Olavi Piha, 7.11.2014, luettu 10.3.2015

<http://www.svy.info/?q=node/111>

Valuatlas Web-oppimateriaali, muotinvalmistustekniikka. Luettu 18.3.2015

http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/muotinvalm_tao/index.html

Valuatlas Web-oppimateriaali, rinnakkaissuunnittelun periaatteet. Luettu 11.4.2015

http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/perusopas_11.pdf

Valuatlas Web-oppimateriaali, lämpökäsittely. Luettu 24.3.2015

http://www.valuatlas.fi/tietomat/koosteet/jalkikasittely_tao/index.html

Valuatlas Web-oppimateriaali, valutuotteiden suunnitteluopas. Luettu 10.2.2015

http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/valutuotteiden_suunnitteluopas.pdf

Valuatlas Web-oppimateriaali, sulaperäiset valuviat. Luettu 22.4.2015

http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp_sulatus_valuviat.pdf

United States navy. 1957 edition. Foundry manual. Amsterdam, Fredonia books. Luettu 11.2.2015

LIITTEET

Liite 1. Yleisimmät valuvirheet

A	Yleiset mittaviat	A1. Mittaviat, A2. Liian suuri ainevahvuus A3. Liian pieni ainevahvuus
B	Siirtymäviat	B1. Siirtymä jakotasossa B2. Keernan siirtymä B3. Paikallissiirtymä
C	Muotoviit	C1. Reikä puuttuu C2. Osa puuttuu C3. Virheellinen reikä tai osa C4. Käyristymä
D	Valukappaleesta puuttuu ainetta	D1. Vajaavalu D2. Vuotanut muotti, D3. Kylmäjuoksu D4. Lohkeama, D5. Hionta-, talttaus- ja leikkausviat
E	Ulospäin suuntautuvat pintaviat	E1. Karhea pinta E2. Kiinnipureutunut hiekka, E3. Metallin tunkeuma hiekkaan E4. Jakopintapurse E5. Halkeamapurse E6. Painauma E7. Hiekkaputouma E8. Hiekkahuhtouma, eroosio E9. Hiekkaluhistuma, kuoriutuma
F	Sisäänpäin suuntautuvat pintaviat	F1. Rotanhäntä F2. Pintarikko F3. Hiekkareikä F4. Vaahtografiittikuoppa F5. Paloreikä Mg-seoksilla F6. Kuonareikä, F7. Jakopintauurre F8. Appelsiininkuoripinta, F9. Elefantinnahkapinta
G	Imuviat	G1. Imupainauma G2. Avoimu G3. Imuontelo, G4. Imuhuokoisuus G5. Mikroimu

H	Kaasurakkulat	<p>H1. Pintarakkula H2 Keernantukirakkula, H3. Kuonarakkula H4 Rautahaulirakkula H5. Hiilikuorirakkula H6. Pienoisrakkulat H7. Pistorakkulat H8. Pilkkurakkula</p>
I	Sulkeumat	<p>I1. Hiekkasulkeuma I2. Kuonasulkeuma I3. GLS:n kuonasulkeuma I4. Oksidisulkeuma I5. Suolasulkeuma I6. Peitostesulkeuma I7. Kylmähauli I8. Muut sulkeumat</p>
K	Sulautumisviat	<p>K1. Kylmäpoimu K2. Kylmäsauma K3. Keernakaasusauma K4 Hitsaumavika</p>
L	Halkeamat	<p>L1. Imuhalkeama L2. Kuumahalkeama L3. Kylmähalkeama L4. Lämpökäsittelyhalkeama L5. Muut halkeamat</p>
M	Valuraudan rakenneviat	<p>M1. Liian suuri kovuus M2. Liian pieni kovuus M3. Reunavalko M4. Reunaharmaa rakenne M5. Keskivalko M6. Grafiittipallojen rikastuminen (GRP) M7. Virheellinen grafiitti (GRP) M8. Epänormaali rakenne</p>
N	Muut rakenneviat	<p>N1. Pinnan hiilettyminen N2. Hiilenkato pinnasta N3. Pinnan typettyminen (GS) N4. Hapettuminen lämpökäsittelyssä N5. Tinahiki</p>
O	Puhdistusviat yms.	<p>O1. Riittämätön puhdistus O2. Virheellinen pintakäsittely O3. Muut viat</p>